

Filosofia e História da Biologia 2



Mack

Pesquisa

Editores:
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins
Maria Elice Brzezinski Prestes
Waldir Stefano
Roberto de Andrade Martins

Com a colaboração de:
Ana Paula de Oliveira Pereira de Moraes Brito
Márcia das Neves

Filosofia e História da Biologia 2

**Seleção de Trabalhos do V Encontro
de Filosofia e História da Biologia**

São Paulo
Fundo Mackenzie de Pesquisa
MackPesquisa
2007

Copyright © dos autores
Direitos desta edição reservados à
Universidade Presbiteriana Mackenzie

FICHA CATALOGRÁFICA

P 936f Filosofia e História da Biologia 2. Organizadores:
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins, Maria Elice Brze-
zinski Prestes, Waldir Stefano, Roberto de Andrade
Martins – São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa –
MackPesquisa, 2007.
x, 465 p.

ISBN 978-85-89328-13-5

1. Epistemologia 2. Biologia – história 3. História da
biologia 4. Biologia – filosofia 5. Filosofia da biologia
I. Martins, Lilian Al-Chueyr Pereira II. Prestes, Maria
Elice Brzezinski III. Stefano, Waldir IV. Martins,
Roberto de Andrade V. Título VI. Fundo Mackenzie
de Pesquisa – Mack Pesquisa

CDD 501
509
121
574.1
574.9

Colaboraram na preparação dos originais deste volume: Ana Paula de
Oliveira Pereira de Moraes Brito e Márcia das Neves.

Capa: Montagem de imagens relativas a Rosalind Franklin e seus estu-
dos sobre a estrutura da molécula de DNA.

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Reitor: **Manassés Claudino Fonteles**

Vice-reitor: **Pedro Ronzelli Jr.**

Diretora do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde:

Beatriz Regina Pereira Saeta

Coordenadora de Pesquisa: **Sueli Galego de Carvalho**

Fundo Mackenzie de Pesquisa

(MackPesquisa)

Presidente: **Antonio Carlos Oliveira Bruno**

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Rua da Consolação, 930, Consolação

01302-907 São Paulo, SP



Mack
Pesquisa

SUMÁRIO

Apresentação	1
Aldo Mellender de Araújo	5
“Vladimir A. Kostitzin, teórico, ignorado pelos arquitetos da Síntese Evolutiva”	
Alexandre Torres Fonseca	23
“Kauffman e a teoria da evolução ‘no limite do caos’”	
Ana Donolo; Lucía Federico; Pablo Lorenzano	39
“La teoría de la bioquímica metabólica y sus ejemplos paradigmáticos”	
Ana Paula Oliveira Pereira de Morais Brito	61
“Thomas Hunt Morgan e seu novo ponto de vista sobre a determinação de sexo (1909-1913)”	
Antonio Carlos Sequeira Fernandes; Vittorio Pane	75
“Giovanni Michelotti e sua contribuição às primeiras coleções científicas do Museu Nacional”	
Caroline Belotto Batisteti; João José Caluzi; Elaine Sandra Nabuco de Araújo; Sérgio Guardiano Lima	85
“O sistema de grupo sanguíneo Rh”	
Daniel Blanco	103
“Historia y bemoles del movimiento del diseño inteligente”	
Estela Santilli	121
“Los niveles de selección: anatomía de un problema y sus consecuencias extradisciplinarias”	

Fernanda da Rocha Brando; Ana Maria de Andrade Caldeira “Análise biossemiótica voltada para sistemas ecológicos”	141
Fernanda Rebelo “Raça, clima e imigração no pensamento social brasileiro na virada do século XIX para o XX”	159
Frederico Felipe de Almeida Faria “Condições de existência?: constrictões para uma plenitude das formas”	179
Guillermo Folguera; Paula Lipko “La Teoría Sintética y la población como (única) unidad evolutiva”	191
José Franco Monte Sião “As contribuições de Theodosius Dobzhansky para o desenvolvimento da genética no Brasil (1943-1960): um estudo bibliométrico”	203
Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira; Viviane Arruda do Carmo “Wallace e a origem do homem: suas concepções e as interpretações historiográficas”	227
Karla Chediak “O papel da evolução biológica na compreensão da representação em Fred Dretske”	245
Leila Cruz; Pedro Rocha; Charbel El-Hani “A prática científica na ecologia de comunidades: diálogos entre empirismo e teoria na literatura científica”	257
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins; Ana Maria Haddad Baptista “Lamarck, evolução orgânica e tempo: algumas considerações”	279
Marcos Rodrigues da Silva “Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA”	297

Maria Elice Brzezinski Prestes “Estudos de regeneração animal em Bonnet e Spallanzani”	311
Marisa Russo Lecointre “Emoção e cognição: uma abordagem científica das emoções”	337
Nelio Bizzo “Darwin e o fim da adaptação perfeita dos seres vivos: a superação da visão teológica de Paley e o princípio da divergência”	351
Pablo Lorenzano “Filosofía diacrónica de la ciencia: el caso de la genética clásica”	369
Paulo José Carvalho da Silva “A dor segundo o <i>De l’usage des passions</i> de Jean-François Senault (1641)”	393
Roberto de Andrade Martins; Lilian Al-Chueyr Pereira Martins “Uma leitura biológica do <i>De anima</i> de Aristóteles”	405
Santiago Ginnobili “Darwinismo universal de dominio de aplicación restringido”	427
Waldir Stefano; Márcia das Neves “Mestiçagem e eugenia: um estudo comparativo entre as concepções de Raimundo Nina Rodrigues e Octavio Domingues”	445
Wilson Antonio Frezzatti Jr “A relação entre Filosofia e Biologia na Alemanha do século XIX: a interpretação nietzschiana da seleção natural de Darwin a partir das teorias neolamarckistas alemãs”	457

Apresentação

Filosofia e História da Biologia 2 contém os trabalhos selecionados para publicação, dentre aqueles que foram apresentados durante o *V Encontro de Filosofia e História da Biologia* realizado no Campus Itambé da Universidade Presbiteriana Mackenzie, de 9 a 11 de agosto de 2007. As contribuições aparecem nos idiomas originais dos autores (português e espanhol).

Este volume representa uma amostra significativa do que vem sendo pesquisado no campo da História e Filosofia da Biologia, no Brasil e nos países vizinhos, bem como suas relações com o ensino da Biologia. Em relação ao *Encontro* do ano anterior, houve um aumento considerável no número de trabalhos apresentados, o que acarretou um maior número de trabalhos selecionados no presente volume. Este é um indicador de que a área está crescendo significativamente. A fundação da Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHIB), no *Encontro* realizado em 2006, é outra indicação de que essa importante área de pesquisas está se firmando em nosso país.

Iniciando o volume temos o artigo de Aldo Mellender de Araújo que analisa a pouco conhecida contribuição do geofísico e matemático russo, Vladimir Kostitzin, para a síntese evolutiva. Em seguida, Alexandre Torres Fonseca discute a teoria de evolução de Stuart Kauffman, situando-a em relação ao neo-darwinismo. Ana Donolo, Lucía Federico e Pablo Lorenzano fazem uma análise da bioquímica dinâmica e metabólica sob o ponto de vista estruturalista. Ana Paula Oliveira Pereira de Moraes Brito aborda os possíveis fatores que contribuíram para a mudança de posicionamento do geneticista norte-americano Thomas Hunt Morgan em relação à determinação de sexo no período compreendido entre 1909 e 1913. Antonio Carlos Sequeira Fernandes e Vittorio Pane tratam da contribuição do advogado e paleontólogo turinense Giovanni Michelotti para as primeiras coleções científicas do Museu Nacional. Caroline Belotto Batisteti, João José Caluzi, Elaine Sandra Nabuco de Araújo e Sérgio Guardiano Lima discutem sobre a descoberta do fator Rh por Weiner e Landsteiner (1937) que,

aliada à descoberta do sistema de grupos sanguíneos ABO, contribuiu para solucionar a hemólise transfusional.

Daniel Blanco após apresentar um histórico do movimento do desenho inteligente, procura detectar algumas falácias que aparecem nas afirmações de autores representativos do movimento. Estela Santilli aborda um dos aspectos da teoria evolutiva que tem gerado muitas discussões – os níveis de seleção – focalizando os pontos centrais do debate. Fernanda da Rocha Brandó e Ana Maria de Andrade Caldeira desenvolvem uma análise biosemiótica dos sistemas ecológicos. Fernanda Rebelo propõe uma revisão bibliográfica em torno do pensamento das elites brasileiras acerca dos temas raça, clima e imigração entre meados do século XIX e início do século XX. Frederico Felipe de Almeida Faria discute o “princípio das condições de existência” dentro do pensamento de Georges Cuvier, procurando mostrar que tal visão encerra alguns pressupostos que são atualmente utilizados na crítica à teoria sintética da evolução feita por partidários do *evo-devo*. Ainda dentro da teoria sintética da evolução, Guillermo Folguera e Paula Lipko discutem as unidades evolutivas e os mecanismos que operam sobre elas.

José Franco Monte Sião, através de um estudo bibliométrico, analisa o impacto causado pelas visitas do geneticista ucraniano Theodosius Dobzhansky ao Brasil entre 1943 e 1960. Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira e Viviane Arruda do Carmo discutem as interpretações historiográficas sobre as mudanças que ocorreram no pensamento evolutivo do naturalista inglês Alfred Russel Wallace acerca da origem do homem, oferecendo sua própria interpretação. Karla Chediak trata da visão de Fred Dretske acerca das relações entre seleção natural e representações mentais nos animais. Leila Cruz, Pedro Rocha e Charbel El-Hani discutem a prática científica na ecologia dos lagartos a partir da análise qualitativa da literatura referente às comunidades de lagartos no período compreendido entre 1940 e 2002. Lilian Al-Chueyr Pereira Martins e Ana Maria Haddad Baptista analisam as relações entre evolução orgânica e tempo na teoria evolutiva de Lamarck, procurando averiguar se houve modificações no pensamento deste autor nas diversas versões de sua teoria.

Marcos Rodrigues da Silva trata das interpretações historiográficas sobre as contribuições de Rosalind Franklin para a construção do modelo da dupla-hélice de DNA, discutindo particularmente as conseqüências daquelas que ignoram sua relação com o programa de genética molecular. Maria Elice Brzezinski Prestes compara as observações e experiências dos naturalistas Charles Bonnet e Lazzaro Spallanzani sobre regeneração animal,

realizadas na segunda metade do século XVIII, procurando enfatizar suas principais descobertas e identificar as características metodológicas que caracterizaram suas respectivas pesquisas. Marisa Russo Lecointre discute as dificuldades em explicar a relação entre as emoções e faculdades mentais (ou da alma) desde a proposta de René Descartes até a atualidade. Nelio Bizzo discute a proposta darwiniana referente à adaptação dos seres vivos, comparando-a com a visão adotada por Paley. Pablo Lorenzano, adotando um enfoque estruturalista, utiliza o exemplo da história da genética clássica para discutir a filosofia diacrônica da ciência.

Paulo José Carvalho da Silva discute sobre a concepção de dor que está presente na obra *De l'usage des passions* (1641) do francês Jean François Senault, procurando averiguar como o autor fundamentava suas idéias e como ele dialogava com os saberes sobre a dor e as paixões da alma na época. Roberto de Andrade Martins e Lilian Al-Chueyr Pereira Martins analisam o tratado aristotélico *Sobre a alma*, enfatizando suas relações com os estudos aristotélicos sobre os seres vivos, ou seja, sob o ponto de vista “biológico”. Santiago Ginnobili, dentro de uma perspectiva estruturalista, trata do domínio de aplicação da teoria da seleção natural de Charles Darwin. Waldir Stefano e Márcia das Neves comparam o pensamento dos brasileiros Raimundo Nina Rodrigues e Octavio Domingues no que se refere à eugenia e mestiçagem. E, finalizando o volume, Wilson Antonio Frezzatti Jr. discute sobre as críticas que Nietzsche fazia ao princípio darwiniano da seleção natural e suas implicações na investigação filosófica nietzschiana.

Gostaríamos de agradecer ao Fundo de Apoio à Pesquisa da Universidade Presbiteriana Mackenzie (MackPesquisa), cujo apoio foi imprescindível para a realização do *V Encontro* e publicação deste livro.

Finalizando, nossos sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de um modo ou de outro, contribuíram para a elaboração desta publicação, particularmente àqueles que, apesar de todos seus compromissos, dedicaram seu tempo e energia atuando, de forma anônima, como pareceristas *ad-hoc* deste volume.

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins
Maria Elice Brzezinski Prestes
Waldir Stefano
Roberto de Andrade Martins

Vladimir A. Kostitzin, teórico, ignorado pelos arquitetos da Síntese Evolutiva

Aldo Mellender de Araújo*

1 INTRODUÇÃO

A historiografia sobre a origem e o desenvolvimento da síntese evolutiva (teoria sintética da evolução) consagrou os nomes de John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964), Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) e Sewall Green Wright (1889-1988) como os três principais arquitetos dos modelos matemáticos que embasaram aquele movimento, principalmente por seus trabalhos dos anos 20 e 30 do século XX. Mais tarde, já na década de 1960, o nome de Motoo Kimura (1924-1994) veio somar-se ao trio acima, especialmente pela elaboração da sua teoria da mutação neutra – deriva genética, ou simplesmente, teoria da neutralidade (Sarkar, 1992; Smocovitis, 1996; Dietrich, 2006). De outra parte, Theodosius Dobzhansky (1900-1975) é considerado o grande introdutor da experimentação nos estudos evolutivos que formaram a base da síntese. Como os dois lados de uma moeda, teoria e experimentação proporcionaram à biologia evolutiva uma respeitabilidade e um *status* científico até então só obtida pela física¹.

No entanto, alguns historiadores e filósofos têm mencionado distorções no desenvolvimento da síntese, com algumas áreas sendo preteridas

* Departamento de Genética, Instituto de Biociências e Grupo Interdisciplinar em Filosofia e História das Ciências, Instituto Latino-Americano de Estudos Avançados, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500. Caixa Postal 15053, 91501-970, Porto Alegre, RS. E-mail: aldomel@portoweb.com.br

¹ Theodosius Dobzhansky, por exemplo, referindo-se à genética disse: “A genética é a primeira disciplina biológica que atingiu uma posição na qual a física está há vários anos. Pode-se com toda a justiça falar de uma coisa como genética matemática teórica e genética experimental, assim como na física” (Land, 1962).

em favor de outras (foi o caso, por exemplo, do pequeno significado da embriologia – biologia do desenvolvimento – para a elaboração da síntese); as expressões empregadas por tais historiadores e/ou filósofos para caracterizar esta situação tem sido *construção de teorias* (*construção evolutiva*, Provine, 1988), ou *redução de teorias* (Sarkar, 2004), dentre outras.

Este trabalho pretende discutir uma parte da contribuição à teoria matemática da evolução elaborada pelo geofísico e matemático russo Vladimir Alexandrovitch Kostitzin (*circa* 1883-1963), nos anos 30 do século XX, justamente quando a Síntese Evolutiva estava em processo de construção. Este autor publicou naquela década, uma série de importantes trabalhos teóricos os quais foram completamente ignorados pelos seus contemporâneos geneticistas citados no início deste texto.

2 QUEM FOI VLADIMIR KOSTITZIN ?

Segundo Francesco Scudo e James Ziegler (1976) é frustrante a ausência de informações sobre Kostitzin. Não só dicionários biográficos não o mencionam, como até mesmo o Conselho Nacional de Pesquisas, da França, país onde ele viveu e trabalhou durante mais de trinta anos, não foi capaz de fornecer informações sobre suas atividades. Desta forma, o pouco da biografia deste personagem deve-se ao cuidado e interesse de Francesco Scudo e James Ziegler, citados acima (Scudo & Ziegler, 1976). Um exemplo desta dificuldade em obter informações sobre Kostitzin é o fato de que o ano de seu nascimento não é conhecido com segurança: 1882 ou 1883 (uma publicação mais recente cita 1886: Lopenis, 2002).

Não se dispõe de informações sobre sua formação acadêmica, mas seus interesses posteriores indicam que deve ter sido em física ou matemática (ou ambas). Em meados da década de 1920, sua esposa, uma parasitologista, transfere-se para Paris; logo em seguida, por volta de 1927 ele vai juntar-se à ela naquela cidade². Seus interesses voltam-se para a ecologia e a evolução, estimulado pelas conferências de Vito Volterra, sobre a “teoria

² É interessante mencionar a curiosa coincidência sobre o fato de que, em dezembro de 1927, Theodosius Dobzhansky ter chegado aos Estados Unidos (poucos anos depois naturalizar-se-ia) e lá ter permanecido até o fim de sua vida (1975). Kostitzin também residiu fora da então União Soviética até o fim da sua vida, em 1963. Um e outro, no entanto, diferiam quanto às suas visões políticas, pois Kostitzin teria inclusive participado da revolução de outubro/1917, ao lado dos bolcheviques, enquanto que Dobzhansky era completamente contrário ao sistema político-social lá instalado.

matemática da luta pela vida”, ocorridas em 1930. O contato com outros ecologistas franceses o estimulou a contribuir para a área da ecologia teórica, onde aliás foi figura destacada (Scudo & Ziegler, 1976; Kingsland, 1985). De 1933 a 1938 seu interesse volta-se para problemas de evolução biológica e é neste período que ele produz trabalhos sobre genética de populações. A relevância de tais trabalhos, aparentemente não entendida (ou desconhecida) pelos seus contemporâneos, está no fato de que Kostitzin apresentava um forte viés ecológico na elaboração destes modelos matemáticos. Neste sentido ele poderia ser citado como um dos precursores de uma vertente que só viria a se consolidar em meados dos anos 60, sob o título de *genética ecológica*, onde se destacou inicialmente o britânico Edmund B. Ford no âmbito experimental e do estudo das populações naturais. Após o início dos anos 40 ele volta-se a outros problemas fora da área biológica. Sua morte ocorre no ano de 1963, em Paris.

3 GENÉTICA DE POPULAÇÕES E EVOLUÇÃO

Entre os anos de 1934 e 1940, Kostitzin publica uma série de trabalhos sobre genética de populações e evolução, a grande maioria no periódico francês *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*³. Em 1937, ele publica o livro *Biologie mathématique*, o qual posteriormente teria uma versão para o inglês publicada em 1939⁴. O capítulo 15 deste livro trata especificamente sobre evolução e seleção natural, apresentando um modelo matemático muito interessante que incluía aspectos ecológicos normalmente tratados pelos ecologistas de populações mas ignorado pelos geneticistas da época.

O livro *Mathematical biology* consta de um Prefácio e mais quinze capítulos. Ao discutir e resumidamente enfatizar a história do uso da matemática na biologia, no primeiro capítulo, Kostitzin o encerra com a frase: “A importante contribuição de J. B. S. Haldane para a teoria matemática da Seleção Natural deve também ser citada” (Kostitzin, 1939, p. 21). A este capítulo segue um outro destacando algumas idéias nas ciências naturais passíveis de abordagem matemática. Do capítulo 3 ao 14, Kostitzin elabora fundamentalmente questões ecológicas, algumas delas de grande interesse nos enunciados sobre seleção natural. Finalmente, o capítulo 15 tem por

³ Alguns desses artigos estão traduzidos para o inglês em Scudo e Ziegler (1978).

⁴ Ainda conforme Scudo & Ziegler (1976), tratar-se-ia de uma “rare English translation”. Esta edição foi a utilizada na redação deste artigo.

título, *Evolution* e é nele que encontramos algumas generalizações interesantíssimas sobre seleção natural, a seguir discutidas.

O capítulo abre com uma breve discussão sobre definições de evolução e a relação entre esta e entropia. Diz ele que as definições de evolução até então apresentadas situam-se entre dois extremos: de um lado, estão aquelas que contrapõem evolução com ausência de mudança, portanto evolução como *movimento*. Do outro lado estariam as definições que pressupõe *progresso* na evolução. Se no primeiro caso há um cuidado em preservar a objetividade, no segundo há uma tentativa de pintar o universo “como colorido em rosa, ou preto, de acordo com suas inclinações” (Kostitzin, 1939, p. 224). Para Kostitzin uma abordagem adequada deveria associar à evolução algum significado quantitativo.

Parece-me que ao termo deva ser dada uma definição quantitativa, ao aplicá-lo a todo processo que conduz de um estado provável a outro menos provável, ou que se opõe ao aumento da entropia. (Kostitzin, 1939, p. 224)

Na seqüência ele discute brevemente evolução como um fenômeno local e entropia como um fenômeno universal. Esta última tenderia a um estado mais provável, enquanto que a evolução, como um fenômeno local, poderia ser ascendente ou descendente (*sít*), sendo no primeiro caso, um estado menos provável, mas com probabilidade diferente de zero. Em outras palavras, diz ele, a ocorrência de um estado improvável não é impossível e sua não-ocorrência, muito improvável. Por conseguinte, a evolução deve ser um fenômeno muito raro, extremamente localizado no espaço e no tempo. O raciocínio de Kostitzin segue para a origem da matéria, situando a origem da vida como um elo em uma seqüência de eventos improváveis, porém em consonância com as leis das probabilidades⁵.

O modelo matemático que Kostitzin apresenta na parte final do capítulo 15, tenta responder à questão sobre como agiria a seleção natural sobre grupos pertencendo à mesma espécie e que originam híbridos férteis. A

⁵ Kostitzin conclui esta parte do texto dizendo que: “Esta escalada não chegou ao fim. Seu último estágio é aquele que vai do aparecimento da vida ao aparecimento da consciência humana” (Kostitzin, 1939, p. 225). Como se pode ver, ele deixa aberta a questão do futuro da evolução. Por outro lado, a conclusão parece ser falaciosa quanto à suposição de que o surgimento da espécie humana representa o ápice da evolução. Deve ser lembrado que a linhagem que conduziu aos humanos ocorreu simultaneamente com a linhagem que originou todos os demais seres atuais e que, concomitantemente com estes, continuamos a evoluir.

indagação pode soar um tanto estranha pelo uso da expressão *híbridos férteis*. Na realidade ele está se referindo a uma população *polimórfica*, constituída por homocigotos e heterocigotos, estes últimos chamados por ele de *híbridos*, o que não era raro na literatura da época (no entanto, o conceito de *polimorfismo* só viria a ser proposto em 1940, por E. B. Ford).

O contexto empírico no qual Kostitzin se baseou foi o de uma população do protista *Didinium nasutum*, predador de outro protista, *Paramecium*, duas espécies utilizadas por Georgii Frantsevitch Gause (1910-1986) nos seus experimentos sobre a ecologia das interações predador-presa⁶. Na situação experimental envolvendo as duas espécies referidas, enquanto há abundância de alimento (*Paramecium*, a presa), *Didinium* apresenta uma única forma morfológica (fenótipo). À medida que escasseia a presa, a população do predador passa a apresentar um outro fenótipo, uma forma menor (anã, na expressão de Kostitzin), em frequência crescente. Embora o mecanismo exato desta transformação não fosse conhecido na época, ele o imagina como consequência da manifestação de um mutante com grande efeito fenotípico, sendo resultado de segregação mendeliana em cruzamento de heterocigotos (“híbridos”):

Por intermédio de um mecanismo que nos escapa atualmente, mas que talvez se relacione com o comportamento dos cromossomos na conjugação, uma mutação gigante pode reaparecer e multiplicar-se. Pode-se supor que sua conjugação com a linhagem anã produza híbridos e que as leis de Mendel determinem o tamanho destes híbridos e da sua descendência pura ou misturada (Kostitzin, 1939, p. 226)

A população como um todo é tratada como tendo um crescimento logístico, sendo composta por dois grupos puros (homocigotos) e um híbrido (heterocigotos). Na tradição iniciada por Alfred Lotka, ele representa este crescimento, para o total da população, como:

$$p' = np - mp - vp^2 - up^2,$$

⁶ O relato detalhado desses experimentos pode ser encontrado no livro de G. F. Gause (Gause [1934], 1971). Georgii Frantsevitch Gause (1910-1986), biólogo russo, notabilizou-se por estabelecer o *princípio da exclusão competitiva*, segundo o qual, duas espécies diferentes, com as mesmas exigências, não poderiam co-existir indefinidamente no mesmo ambiente. *Didinium* e *Paramecium* eram, há algum tempo atrás, colocados no filo Protozoa, popularmente conhecidos como protozoários (atualmente fazem parte do filo Ciliophora).

onde n , m , u , e v são os coeficientes de mortalidade (m , u) e natalidade (n , v), sendo p a soma dos três tipos de indivíduos: p_1 e p_2 , os puros (homozigotos) e p_3 os híbridos (heterozigotos). Na seqüência, ele trata de atribuir *fatores limitantes* do crescimento que afetam tanto as fêmeas quanto os machos, na forma de decréscimo na natalidade (explicitamente ele deixou de lado fatores que afetam a mortalidade, trabalhando apenas com os efeitos sobre a natalidade). Uma vez estabelecidas as equações que levam em conta estes decréscimos na natalidade para cada sexo e supondo que a descendência dos nove tipos de cruzamentos (corresponde à matriz gerada por três linhas p_1 , p_2 , p_3 – machos, por exemplo – e três colunas, fêmeas) seguem os princípios mendelianos de segregação, ele apresenta três equações diferenciais que correspondem ao crescimento para cada uma das formas (p_1 , p_2 , p_3) e obtém três conclusões importantes:

- (a) se as condições são desfavoráveis aos híbridos, o grupo dos puros que for mais freqüente sobreviverá; segue-se que um mutante, que necessariamente é raro, terá uma chance muito pequena de sobreviver;
- (b) se as condições são favoráveis aos híbridos, então os três grupos (p_1 , p_2 , p_3), podem coexistir e tendem à estabilidade;
- (c) se as condições situam os híbridos como intermediários entre os dois puros, apenas o grupo dos puros com os coeficientes vitais mais favoráveis sobreviverá.

Como se verá adiante, estas conclusões são exatamente as mesmas mencionadas nos modelos tradicionais, anteriores aos de Kostitzin, embora utilizando uma outra metodologia, exclusivamente genética e não ecológica (a ecologia, nestes, aparece como algo colateral, representado pelo “agente” da seleção natural).

Para examinar mais detalhadamente as conclusões do modelo geral, Kostitzin imagina algumas situações particulares, *casos especiais*, na expressão dele próprio. Por exemplo, no primeiro caso especial, ele supõe que os três grupos diferem apenas quanto à mortalidade, sendo a fertilidade igual para todos.

As três conclusões anteriores são confirmadas e uma quarta conclusão aparece, esta sim, completamente ignorada nos modelos que antecederam ao de Kostitzin: a possibilidade de extinção da população, isto é, os três grupos (p_1 , p_2 , p_3), tendem a zero! Esta conclusão só foi possível porque ele parte da equação de crescimento populacional e das taxas de mortalidade dos diferentes grupos, ou seja, parte de uma situação ecológica explícita,

particularmente no caso onde as taxas de natalidade das três formas são inferiores às respectivas taxas de mortalidade⁷. Neste sentido, o modelo de Kostitzin é mais robusto do que os de seus antecessores. Além disso, os diferentes coeficientes de mortalidade e natalidade são tratados como grandezas absolutas e não relativas, como foi o caso dos modelos anteriores. Esta diferença de tratamento foi também responsável pela conclusão inédita da possibilidade de extinção ecológica da população.

Um outro ponto importante do modelo é que ele não especifica o tipo de controle genético da característica, referindo-se apenas ao fato de constituírem grupos puros e híbridos. Seria possível, então, inferir-se que as conclusões valeriam para um loco, dois locos e assim por diante? Provavelmente não, pois uma generalização deste tipo envolveria uma série de pressupostos não-realistas. No entanto, como se examinará mais adiante, este é um típico caso onde a interação entre os teóricos poderia conduzir ao estabelecimento de um modelo mais explícito.

O segundo caso especial difere do anterior por manter constantes e iguais para todas as formas as taxas de mortalidade, considerando que apenas a natalidade difira entre as formas. As conclusões deste caso especial apontam para duas possibilidades: em uma delas, o grupo puro mais fértil sobrevive (p_1 ou p_2) e na outra, a população se extingue. Não há possibilidade de ocorrer um equilíbrio com a coexistência das três formas. Todavia o modelo pressupõe que os cruzamentos entre híbridos ($p_3 \times p_3$ ou mesmo entre $p_1 \times p_2$) produzam uma quantidade de descendentes que é a metade daquela produzida pelos cruzamentos entre os puros ($p_1 \times p_1$ ou $p_2 \times p_2$); os cruzamentos $p_1 \times p_3$ e $p_2 \times p_3$ produziriam uma quantidade de prole intermediária entre os anteriores. Relaxando-se estas restrições, as conclusões são similares às do modelo geral.

Encerrando o capítulo 15 de seu livro, Kostitzin apresenta um interessante caso que ele denomina de *seleção indireta*. Aqui, além da coexistência das três formas originais, p_1 , p_2 (puros) e p_3 (híbridos), ele supõe que o ambiente favorece a forma híbrida; de acordo com o modelo geral, estabelece-se um equilíbrio estável, com todas elas coexistindo. O que aconteceria se no ambiente aparecesse uma outra espécie, x , que servisse de alimento para a primeira? Ele mostra que a dinâmica do sistema depende apenas da forma híbrida, ou seja, do quanto ela utiliza como recurso alimentar (simboli-

⁷ Como se verá a seguir, Haldane (1924) descreve verbalmente esta possibilidade, na forma de um argumento intuitivo.

zada por l_3) a espécie x . Se l_1 for a intensidade da utilização do novo recurso pela forma p_1 e l_2 pela forma p_2 , então:

- $l_1 > l_3 < l_2$ implica na sobrevivência da forma que melhor utiliza o novo recurso ($l_1 > l_2$, ou $l_1 < l_2$)
- $l_1 < l_3 > l_2$ implica em um novo equilíbrio estável (as três formas coexistem)

Este caso é representativo do aparecimento de uma nova espécie em um local e das complexas interações que passam a existir. É interessante salientar que este modelo poderia ser de grande utilidade em casos de monitoramento ambiental, visando estratégias de conservação, um tema da mais alta relevância na atualidade. Uma vez mais, o pioneirismo de Kostitzin fica evidente.

4 A PRODUÇÃO DO TRIO FISHER, HALDANE E WRIGHT

Quem primeiro tratou dos efeitos da seleção natural do ponto de vista quantitativo, foi Ronald Fisher (1922)⁸. Este trabalho tornou-se famoso por empregar, pela primeira vez, um análogo à teoria cinética dos gases para estudar as distribuições de frequência dos genes de uma população. Tendo como título “On the dominance ratio”, o trabalho utilizava a teoria dos processos estocásticos para tratar de um problema genético, um procedimento que mais tarde seria amplamente empregado na genética de populações⁹. Entretanto, antes de discutir este tema, Fisher apresenta um simples modelo matemático determinista, o qual ele chamou de “equilíbrio sob seleção”; ali ele afirma que:

Se a seleção favorece os homozigotos, não será possível um equilíbrio estável e a seleção tenderá a eliminar qualquer que seja o gene que estiver abaixo da sua proporção de equilíbrio; tais fatores, portanto, não serão comumente encontrados na natureza: se, por outro lado, a seleção favorece os

⁸ Na verdade os primeiros modelos matemáticos da biologia evolutiva que empregavam a idéia de seleção natural foram os de Fritz Muller (1879) e Karl Düsing (1884). O primeiro tratava dos benefícios evolutivos a um par de espécies miméticas não palatáveis e do quanto a espécie mais rara se beneficiava da mais comum; o segundo, tratava da evolução da proporção sexual.

⁹ O trabalho de Fisher ficou também conhecido por conter um erro em uma das equações, que levou o autor a concluir, equivocadamente, que a taxa de perda da variação genética, ao acaso, seria de $1/4N$ por geração (N , tamanho populacional), quantidade que foi mais tarde corrigida por Sewall Wright para $1/2N$.

heterozigotos, há uma condição para um equilíbrio estável, e o fator continuará presente. (Fisher, 1922, p. 324)

Esta é uma conclusão mantida ainda atualmente, nos modelos simples de seleção natural (um loco, dois alelos, coeficientes constantes de seleção). A conclusão de que haveria um polimorfismo estável nas populações, desde que os heterozigotos fossem favorecidos, foi amplamente explorada nos estudos experimentais de Dobzhansky. No entanto, o modelo, se levado ao limite (por exemplo, sendo aplicado a todos os locos de um indivíduo) acarreta uma contradição, que ficou conhecida como “o paradoxo da variação”¹⁰.

Quando foi publicada a edição francesa do livro de Kostitzin (*Biologie mathématique*, 1937), a qual antecedeu em dois anos a versão inglesa, John Burdon Sanderson Haldane já havia publicado os seus nove artigos sobre “uma teoria matemática da seleção natural e artificial”¹¹, bem como seu famoso livro *The causes of evolution* (1932). Este último, aliás, contém um apêndice matemático que resume a sua contribuição até aquele momento. É no primeiro artigo que ele inicia com uma previsão que é também um desejo: “Uma teoria satisfatória da seleção natural deve ser quantitativa” (Haldane, 1924, p. 19). Haldane é extraordinariamente claro ao estabelecer as condições para que se possa entender o papel da seleção natural na mudança das espécies: especificar o modo de herança da característica considerada; especificar o sistema de cruzamento (aleatório, não-aleatório); a intensidade da seleção e sua incidência (se em um só dos sexos ou em ambos) e finalmente a taxa pela qual a proporção de organismos que apresentam a característica estudada, aumenta ou decresce.

O modelo inicial é bastante simples: dois fenótipos (expressão já usada por Haldane, sugerida pelo dinamarquês Wilhelm Ludvig Johanssen alguns anos antes), **A** e **B**, com cruzamentos aleatórios e gerações discretas, isto é, quando termina uma, inicia a seguinte (não há superposição de gerações). Levando em consideração tanto a fertilidade destes fenótipos, quanto a mortalidade, ele demonstra que dependendo do coeficiente de seleção (representado por **k**), um ou outro dos fenótipos desaparecerá da popula-

¹⁰ Este paradoxo, bem como a insuficiência dos modelos da genética de populações para explicar fenômenos evolutivos, foi tratada por Richard C. Lewontin no seu excelente livro *The genetic basis of evolutionary change* (1974).

¹¹ Haldane publicou o primeiro artigo intitulado *A mathematical theory of natural and artificial selection. Part I*, em 1924 e o último da série (*Part IX*), em 1932.

ção. Após esta conclusão ele alude ao fato de que não fizera qualquer pressuposto sobre o tamanho da população. Se, diz Haldane, o tamanho populacional for limitado pelo ambiente, a população poderá aumentar ou diminuir, podendo inclusive extinguir-se. Essa admirável e breve incursão pela ecologia é toda feita intuitivamente, sem o correspondente tratamento matemático. Na seção do artigo denominada “seleção de um caráter mendeliano simples”, ele vai tratar do que hoje se considera um dos modelos clássicos da genética de populações, ainda que o formalismo que ele utiliza difira do atual. Supondo a existência de dois alelos em um loco e três genótipos, com efeito dominante de um alelo em relação ao outro, ele examina, tanto analítica como graficamente, a cinética deste sistema, mostrando uma tendência ao monomorfismo (dado um certo número de gerações, a população apresentará apenas um tipo de genótipo, homozigoto), tanto no caso de seleção a favor do alelo dominante como no caso onde a seleção favorece o alelo recessivo, destacando que neste último caso, o equilíbrio com eliminação do alelo dominante, dar-se-ia em um número muito maior de gerações.

Do trio ora examinado, Sewall Wright foi o último a publicar um artigo com tratamento matemático para a seleção natural. Ele o fez em 1931, no seu monumental artigo “Evolution in Mendelian populations” (62 páginas!). O texto, no entanto, já estava praticamente pronto cinco anos antes e para a aceitação do mesmo mais 14 meses transcorreram (Provine, 1986). Mais importante ainda, o artigo tratava não apenas dos efeitos da seleção natural, mas também dos demais mecanismos ou causas genéticas propostas para a ocorrência de evolução nas populações naturais: mutação, fluxo gênico e deriva genética. O efeito destes fatores ele analisou cada um separadamente mas também em conjunto, constituindo um modelo que ficou conhecido como a *teoria do equilíbrio deslocante da evolução (shifting balance theory of evolution)*, uma das contribuições mais importantes para a síntese evolutiva. Esta contribuição consolidou o crédito internacional de Wright junto à comunidade de evolucionistas, ainda que o artigo fosse de difícil compreensão.

Particularmente no que se refere aos efeitos da seleção natural, Wright os examina através da quantidade Δq , isto é, da diferença entre as frequências alélicas em duas gerações sucessivas, o que na época era uma novidade¹². Referindo-se às contribuições anteriores de Fisher e Haldane, já co-

¹² Em artigo de 1937 Wright apresentará, utilizando Δq , uma equação fundamental para a

mentadas brevemente, ele formula uma nova equação para descrever o equilíbrio estável nas frequências dos alelos, justamente no caso onde a seleção natural favorece os heterozigotos¹³. Um aspecto importante é que Wright se dá conta da insuficiência de tal modelo, ao destacar que o coeficiente de seleção em relação a um gene é uma função das frequências de outros genes, em outros locos, e que portanto, o modelo apresentado e apenas uma “primeira aproximação” (*sic*).

5 AS RAÍZES DO DESCONHECIMENTO DOS TRABALHOS DE KOSTITZIN

Embora a obra editada por Ernest Mayr e William B. Provine (1980) considerada uma referência sobre o desenvolvimento da síntese evolutiva discuta, na sua parte II, as origens e a repercussão da síntese em diferentes países europeus e dos Estados Unidos, há outros autores que sugerem de que ela tenha sido um fenômeno eminentemente anglo-saxão (Smocovitis, 1992; *idem*, 1994)¹⁴.

Um país economicamente e culturalmente avançado, como o Japão, apresentava a particularidade de que até os anos 60 e 70 do século XX, apenas a genética de populações representava a síntese. O darwinismo como tal, ou sua vertente contemporânea, figurava como curiosidade histórica. Não havia traduções disponíveis dos livros de Mayr ou Dobzhansky e mesmo de Fisher, enquanto que apenas um livro de Haldane tinha tradução; a biologia evolutiva japonesa era dominada pela Escola de Imanishi, originada por Kinji Imanishi, um ecólogo e antropólogo com idéias muito particulares sobre evolução (detalhes em Sakura, 1998). No entanto, se a observação anterior nos leva a pensar que um autor como Kostitzin tenha pouca probabilidade de ser conhecido em um país como o Japão, o mesmo

genética de populações, generalizando para qualquer modelo de seleção. No mesmo artigo ele faz uma segunda generalização, para um número qualquer de alelos em um loco e não apenas dois, como era tradicional.

¹³ A expressão de equilíbrio é: $q = s_a/s_A + s_a$, onde s_A e s_a , são os coeficientes de seleção respectivamente em relação aos alelos A e a .

¹⁴ Sob a perspectiva historiográfica, esta posição é bastante criticada por Wolf Reif, Thomas Junker e Uwe Hossfeld, os quais afirmam que “um dos mais lamentáveis vazios do nosso conhecimento sobre a história da Teoria Sintética é o seu caráter internacional. [...] A história da Síntese está escrita sem uma referência às contribuições internacionais (especialmente a contribuição russa e a alemã)” (Reif, Junker & Hossfeld, 2000, pp. 41-42). Ver também, neste sentido, Junker e Hossfeld, 2002.

não se pode deduzir em relação ao eixo Inglaterra – Estados Unidos. Como explicar, então, a total falta de referência às suas publicações nestes dois países? Pelo menos três razões poderiam ser apontadas para isso.

Barreiras lingüísticas. O fato de que Kostitzin publicou seus artigos em francês, em periódico francês, poderia ser um obstáculo à sua divulgação. Isto não seria uma novidade, pois outros exemplos da história da biologia recente o confirmam, tal como o citado por David L. Hull (1988), sobre as dificuldades de comunicação e conhecimento mútuo de trabalhos que tinham alguns pesquisadores norte-americanos e o alemão Willi Hennig, proponente da sistemática filogenética. Este só veio a ser amplamente reconhecido após a tradução para o inglês (com acréscimos em relação à edição alemã) da sua obra *Phylogenetic systematics* (1966)¹⁵. De modo semelhante foi o reconhecimento dos trabalhos do matemático francês Gustave Malécot para a genética de populações: o destaque à sua grande contribuição a esta área só veio com a tradução de sua obra de 1948, *Les mathématiques de l'hérédité*. Porém as barreiras lingüísticas não podem ser invocadas como razões fundamentais para o desconhecimento da obra de Kostitzin, pois, afinal, Dobzhansky, um dos arquitetos mais destacados da síntese, refere-se a mais de 10 obras em francês no seu clássico *Genetics and the origin of species* de 1937. De outra parte, não se pode esquecer que Kostitzin teve traduzido para o inglês o seu livro em 1939. Ora, fica difícil imaginar que ele então passasse despercebido por figuras como Haldane e Fisher; assim, outras razões devem ser procuradas.

Barreiras ideológicas. Kostitzin era um marxista, com uma história inclusive de participação na revolução de outubro de 1917 e tendo assumido uma posição política importante durante um certo tempo na União Soviética. Dobzhansky, uma vez mais, pode ser lembrado pela sua posição extremamente crítica ao regime implantado naquela nação; poderia isso ter sido motivo para que ele não mencionasse o livro de Kostitzin, ou qualquer um de seus trabalhos sobre seleção natural, na terceira edição de *Genetics and the origin of species*, de 1951? Afinal, nesta edição, ele cita várias vezes a G. F. Gause, biólogo russo que mais tarde foi importante figura na políti-

¹⁵ É importante salientar que uma tradução independente da obra de Hennig apareceu em 1968 na Argentina e publicada pela Editorial Universitária de Buenos Aires (EUDEBA); trata-se de *Elementos de una sistemática filogenética*, cuja tradução deveu-se à iniciativa do biólogo argentino Osvaldo Reig, destacado pelo próprio Hennig.

ca soviética¹⁶. Por outro lado, Georges Teissier, um dos poucos geneticistas franceses ligados ao movimento da síntese evolutiva, juntamente com Philippe l'Héritier, era também marxista e favorável ao sistema da então União Soviética; isso não o impediu de ter um papel destacado na disseminação da síntese na França, nem de ter convidado Sewall Wright a publicar um artigo em um periódico francês. Isto de fato ocorreu, em 1939 com a publicação de um longo artigo, pouco divulgado, apresentando de forma simplificada, a teoria da evolução do equilíbrio deslocante (“*shifting balance theory of evolution*”) (Provine, 1986). De certo modo enfraquecendo o argumento das barreiras ideológicas está também o fato de que J. B. S. Haldane foi membro do Partido Comunista Inglês, nos anos 30 e que portanto poderia ser favorável a Kostitzin, de modo especial após a versão inglesa de *Biologie mathématique*, em 1939. Mas o que dizer de Gustave Malécot, já mencionado, que publicou de 1937 a 1939, cinco artigos no *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, sem mencionar Kostitzin? Recorde-se que durante aquele período, no mesmo periódico, Kostitzin publicou também cinco artigos importantes tratando do problema da seleção natural; além disso, é difícil imaginar que Malécot não conhecesse a obra *Biologie mathématique*, originalmente publicada em 1937. Um fato interessante, que se liga às barreiras ideológicas ora discutidas, foi mencionado por Bryan Epperson, geneticista de populações da Universidade de Michigan, que conviveu com Malécot, o qual teria comentado que “muitos dos darwinistas franceses eram comunistas e mesmo stalinistas” (Epperson, 1999, p. 477). Questionado, em correspondência eletrônica, Epperson confirmou tal fato: “Malécot disse muitas vezes que os darwinistas parisienses somente desejavam fazer contato com russos comunistas”¹⁷.

Barreiras epistemológicas. O que representou a originalidade nos trabalhos de Kostitzin, o fato de trabalhar com fenótipos em uma população mendeliana e seus respectivos crescimentos quanto ao número de indivíduos, talvez tenha sido o grande obstáculo para que ele viesse a ser entendido ou mesmo citado pelos arquitetos da síntese, particularmente o trio Fisher, Haldane e Wright. Estes utilizaram fundamentalmente em seus

¹⁶ Infelizmente não disponho da edição de 1941 para confirmar se Gause foi também citado na mesma. Em relação a Kostitzin, considero que dificilmente poderia ser citado por Dobzhansky na primeira edição de *Genetics and the origin of species*, pois este livro e *Biologie mathématique* foram publicados no mesmo ano, 1937.

¹⁷ Comunicação pessoal de Bryan Epperson, mensagem eletrônica de 24/05/2007.

modelos matemáticos parâmetros como frequências gênicas, genotípicas e valor adaptativo médio da população, portanto, em outro nível epistemológico. Estes foram considerados de um modo geral por todos os arquitetos da síntese como as variáveis mais importantes para caracterizar a evolução biológica. Fenótipos seriam importantes na medida em que corresponderem à base genética; de que outra maneira poderíamos interpretar a afirmação de que: “[...] as regras da variação geográfica discutidas acima pertencem a mudanças genéticas e não *meramente* [itálico meu] a modificações fenotípicas [...]” (Dobzhansky [1937], 1982, p. 169). Além disso, Kostitzin enfatizava as relações ecológicas entre indivíduos de uma população e também em relação à outras espécies presentes na mesma área; a abordagem ecológica, que na base era fenotípica, destoava da ênfase genética. Uma crítica análoga a esta foi feita por Niles Eldredge, ao dizer que tanto genes, como organismos, demes, espécies, foram explicitamente considerados nas abordagens da síntese e que, ao contrário, as entidades ecológicas não foram sequer consideradas. Devido a isso ele propôs uma “ontologia revisada”, consistindo de uma abordagem hierárquica da evolução, com dois grandes níveis, o genealógico (genético) e o ecológico (Eldredge, 1985, p. 7).

Finalmente, há que considerar a proposta de Hull (1988), segundo a qual, a comunidade de cientistas se comportaria como a comunidade de qualquer outro organismo: há competição, mas também há cooperação. Deve-se pensar, diz ele, que algo como uma aptidão inclusiva (*inclusive fitness*) e uma estrutura dêmica poderiam se aplicar às relações profissionais entre os cientistas:

Os cientistas têm uma irmandade conceitual – aqueles cientistas que compartilham idéias que são idênticas por descendência. Parte da cooperação que existe em ciência é similar à seleção de parentesco. Por exemplo, nos primórdios do que viria a ser chamado de taxonomia numérica (ou fenética), Sokal foi co-autor de trabalhos com Michener, Camin, Rohlf e Sneath. Durante aproximadamente a primeira dezena de anos, as relações profissionais entre esses cientistas eram tão próximas que a transmissão das contribuições deles podem ser vistas como exibindo o mesmo tipo de estrutura que a seleção de parentesco. (Hull, 1988, p. 435)¹⁸

¹⁸ A expressão *inclusive fitness*, traduzida como *aptidão inclusiva*, foi proposta por William Hamilton para designar uma forma de aptidão evolutiva diferente da tradicional *aptidão darwiniana*, medida pelo sucesso reprodutivo de um indivíduo. A aptidão inclusiva refere-se

Pode-se concluir, portanto, que a partir das noções de frequência gênica, genotípica, valor adaptativo médio de uma população e outros utilizados na estrutura da teoria sintética da evolução, ter-se-iam formado demes culturais onde embora houvesse competição (por exemplo, na forma de número de publicações e por poder de influência, dentre outros), havia também cooperação (uma forma de altruísmo) e, uma vez mais tomando como possibilidade, o fato de um indivíduo deste deme não publicar em determinado período, mas outro “parente” publicar mais do que sua média habitual, seria igualmente importante para a disseminação de certas idéias compartilhadas. A analogia pode ser criticada, naturalmente, mas ela é bastante interessante como ponto de partida para uma discussão do por que certas idéias persistem por longo tempo em uma comunidade de cientistas. Que estes se agrupam em “famílias” é uma concepção corrente e que pode ser ilustrada com Alfred H. Sturtevant, um dos grandes geneticistas do grupo de Morgan. Sturtevant publicou em 1966 o livro *A history of genetics*, o qual contém dois apêndices: no B, ele apresenta várias “genealogias intelectuais” (*sic*), cadeias de influências intelectuais.

Desta forma, podemos admitir que Kostitzin pertencia a uma família muito diferente em sua visão da realidade biológica daquela formada por Fisher, Haldane, Wright, Dobzhansky, por exemplo. Esta disseminou com grande eficiência os seus “genes”, ou mais precisamente, seus *memes*, para usar a expressão criada por Richard Dawkins, no seu clássico *O gene egoísta*. Todavia, os genes (memes) da família de Kostitzin não se extinguíram; parecem até estar aumentando de frequência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAWKINS, Richard. *O gene egoísta*. São Paulo: Itatiaia; Edusp, 1979.
- DIETRICH, Michael R. From Mendel to molecules: a brief history of evolutionary genetics. Pp. 3-13, *in*: FOX, Charles W.; WOLF, Jason B.

à transmissão de genes, não pela via direta da reprodução, mas por intermédio de parentes biológicos, a quem um indivíduo auxiliou e que assim produziu mais descendentes do que produziria sem auxílio. Como a probabilidade de que parentes biológicos possuam genes em comum, devido a terem ancestrais comuns, os genes passariam à geração seguinte, mesmo na ausência de reprodução do indivíduo que efetuou o auxílio (o conceito se aplica particularmente ao altruísmo e sua evolução). O tipo de seleção indireta envolvida neste processo, foi chamada de *seleção de parentesco* (*kin selection*).

- (eds.). *Evolutionary genetics – concepts and case studies*. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- DOBZHANSKY, Theodosius. *Genetics and the origin of species* [1937]. Columbia: Columbia University Press, 1982. (The Columbia Classics in Evolution Series)
- DÜSING, Karl. *Die Regulierung des Geschlechtsverhältnisses bei der Vermehrung der Menschen, Tiere und Pflanzen*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1884.
- ELDREDGE, Niles. *Unfinished synthesis. Biological hierarchies and modern evolutionary thought*. Oxford: Oxford University Press, 1985.
- EPPERSON, Bryan. Gustave Malécot, 1911-1998: population genetics founding father. *Genetics* **152**: 477-484, 1999.
- FISHER, Ronald A. On the dominance ratio. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* **42**: 321-341, 1922. Reprodução, pp. 165-185, *in*: JAMESON, David L. (ed.). *Evolutionary genetics*. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross, 1977. (Benchmark Papers in Genetics, 8)
- GAUSE, Gergii Frantsevich. *The struggle for existence*. Baltimore: The Williams & Wilkins Co., 1934. Reedição, New York: Dover, 1971.
- HALDANE, John Burdon Sanderson. A mathematical theory of natural and artificial selection. Part I. *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* **23**: 19-41, 1924.
- . *The causes of evolution*. Cornell: Cornell University Press, 1966.
- HENNIG, Willi. *Phylogenetic systematics*. Illinois: University of Illinois Press, 1966.
- HULL, David L. *Science as a process*. Chicago: University of Chicago Press, 1988.
- JAMESON, David L. (ed.). *Evolutionary genetics*. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross, 1977. (Benchmark Papers in Genetics, 8)
- JORON, Mathieu; MALLET, James L. B. Diversity in mimicry: paradox or paradigm? *Trends in Ecology and Evolution* **13** (11): 461-466, 1999.
- JUNKER, Thomas; HOSSFELD, Uwe. The architects of the evolutionary synthesis in national socialist Germany: science and politics. *Biology and Philosophy* **17** (2): 223-249, 2002.
- KINGSLAND, Sharon E. *Modeling nature. Episodes in the history of population ecology*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.
- KOSTITZIN, Vladimir A. *Mathematical biology*. London: George G. Harrap & Company Ltd., 1939.
- LAND, Barbara. *Oral history memoir*. New York: Columbia University, 1962.
- LAPENIS, Andrei G. Directed evolution of the biosphere: biogeochemical selection or Gaia? *The Professional Geographer* **54** (3): 379-391, 2002.

- LEWONTIN, Richard C. *The genetic basis of evolutionary change*. New York: Columbia University Press, 1974.
- MALÉCOT, Gustave. *Les mathématiques de l'hérédité*. Masson e Cie. Paris, 1948.
- . *The mathematics of heredity*. Trad. Demetrios M. Yermanos. San Francisco: W. H. Freeman, 1969.
- MAYR, Ernst; PROVINE, William. B. *The evolutionary synthesis: perspectives on the unification of biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1980.
- MÜLLER, Fritz. *Ithuna* and *Thyridia*: a remarkable case of mimicry in butterflies. *Transactions of the Entomological Society of London*, **16**: xx-xxix, 1879.
- PROVINE, William. B. *Sewall Wright and evolutionary biology*. Chicago: University of Chicago Press, 1986.
- . Progress in evolution and meaning of life. Pp. 49-74, *in*: NITECKI, MATTHEW H. (ed.). *Evolutionary progress*. Chicago: University of Chicago Press, 1988.
- REIF, Wolf; JUNKER, Thomas; HOSSFELD, Uwe. The synthetic theory of evolution: general problems and the German contribution to the synthesis. *Theory in Biosciences* **119**: 41-91, 2000.
- SAKURA, Osamu. Similarities and varieties: a brief sketch on the reception of Darwinism and Sociobiology in Japan. *Biology and Philosophy* **13** : 341-357, 1998.
- SARKAR, Sahotra. The founders of theoretical evolutionary genetics: Editor's introduction. Pp. 1-22, *in*: SARKAR, Sahotra (ed.). *The founders of evolutionary genetics – a centenary reappraisal*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992.
- . Evolutionary theory in the 1920s: the nature of the “synthesis”. *Philosophy of Science* **71** : 1215-1226, 2004.
- SCUDO, Francesco M.; ZIEGLER, James R. Vladimir Aleksandrovich Kostitzin and theoretical ecology. *Theoretical Population Biology*, **10**: 395-412, 1976.
- . *The golden age of theoretical ecology: 1923-1940*. Berlin: Springer-Verlag, 1978. (Lecture notes in biomathematics)
- SEGER, Jon; STUBBLEFIELD, J. William. Models of sex ratio evolution. Pp. 2-25, *in*: HARDY, Ian C. W. (ed.). *Sex ratios – concepts and research methods*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- SMOCOVITIS, Vassiliki B. Unifying biology: the evolutionary synthesis and evolutionary biology. *Journal of the History of Biology* **25** (1): 1-65, 1992.

- . Organizing evolution: founding the Society for the Study of Evolution (1939-1950). *Journal of the History of Biology* **27** (2): 241-309, 1994.
- . *Unifying biology – the evolutionary synthesis and evolutionary biology*. Princeton: Princeton University Press, 1996.
- STURTEVANT, Alfred H. *A history of genetics*. New York: Harper International Edition, 1966.
- WRIGHT, Sewall. Evolution in Mendelian populations. *Genetics* **16** (2): 97-159, 1931. Reproduzido no cap. 11, *in*: WRIGHT, Sewall. *Evolution. Selected papers*. Editado por William Provine. Chicago: The University of Chicago Press, 1986.
- . The distribution of gene frequencies in populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **23** (6): 307-320, 1937. Reproduzido no cap. 18, *in*: WRIGHT, Sewall. *Evolution. Selected papers*. Editado por William Provine. Chicago: The University of Chicago Press, 1986.
- . *Statistical genetics in relation to evolution*. (Actualités Scientifiques et Industrielles, 802: Exposés de Biométrie et de la Statistique Biologique XIII). Paris: Hermann & Cie, 1939. Reproduzido no cap. 23, *in*: WRIGHT, Sewall. *Evolution. Selected papers*. Editado por William Provine. Chicago: The University of Chicago Press, 1986.

Kauffman e a teoria da evolução “no limite do caos”

Alexandre Torres Fonseca*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos trinta anos tem ocorrido um intenso debate na área teórica das ciências biológicas, especialmente no que se refere à teoria da evolução, isto é, na busca de entender a emergência e a evolução da ordem biológica. Com o avanço cada vez maior das pesquisas, principalmente na área da biologia do desenvolvimento, vários problemas vêm sendo esclarecidos, mas muitas questões ainda estão em aberto como, por exemplo, a mais importante e misteriosa para nós, a origem da vida. Discutirei neste artigo a contribuição de Stuart Kauffman para este debate. Kauffman, ao lado de Brian Goodwin, faz parte dos teóricos que defendem a biologia estruturalista.

Esta discussão gira em torno, principalmente, da seleção natural e da sua importância na teoria da evolução. Questiona-se, quando levamos em conta padrões de grande escala, como a mudança macroevolucionária, se seria requerida alguma coisa além da adaptação pela seleção natural. E aqui se trata da seleção natural da Síntese Moderna. Os neodarwinistas dão grande importância à seleção natural, entendida como o nome comum para um “complexo de processos de tipos bem diversos e diferente significação biológica” (Dobzhansky, 1973, p. ix), “um fenômeno estritamente biológico, no sentido de que é uma consequência da vida, e existe exclusivamente no mundo vivo” (*ibid.*, pp. 3-4).

Identificam-se três posições claras a respeito da importância da seleção natural. A principal é bem estabelecida e defende que a seleção natural é o único ou o mais importante mecanismo causal e direcional na evolução. As

* Instituto das Ciências Humanas, Comunicação e Artes (ICHCA), Universidade Federal de Alagoas. Campus A. C. Simões, BR 104, Km 96.7, Tabuleiro do Martins, CEP 57072-970, Maceió, AL. E-mail: alexandre.ufal@gmail.com

outras linhas variam entre negar o papel proeminente da seleção natural ou negar a sua unicidade no processo evolucionário. Esta resistência se refere ao *status* ontológico da seleção natural. A resposta da Síntese Moderna, representada pelos neodarwinistas, para esta discussão é que a seleção natural não somente é adequada como é a única alternativa às retrógradadas idéias do criacionismo.

Existe, porém, entre o neodarwinismo e o criacionismo uma alternativa. Ela está ligada ao projeto de pesquisa que costuma receber o nome de estruturalismo processual (*process structuralism*, ou *developmentalism*):

O aspecto “estruturalista” deste programa refere-se à sua tentativa de descobrir estruturas gerais (padrões, formas) regidas por leis do desenvolvimento. O aspecto “processual” do programa refere-se ao seu foco no processo completo de desenvolvimento em vez de causas particulares. O estruturalismo processual na filosofia da biologia é um ponto de vista anti-reducionista e anti-centralismo genético e holístico. (Resnik, 1997, p. 40)

O estruturalismo processual defende a idéia de que a seleção natural é apenas uma, e talvez nem mesmo a mais fundamental, fonte de ordem biológica. O estruturalismo apresenta uma perspectiva não historicista, defendendo o argumento básico de que as leis da forma e da estrutura da matéria interferem diretamente na maneira como os organismos são construídos. As “leis da forma”, que já existiam antes da teoria de Darwin, têm sido associadas à ênfase dada ao papel do desenvolvimento, ou às restrições ao desenvolvimento, no processo evolucionário. Assim, segundo Stephen Jay Gould, “as características principais da arquitetura orgânica não são nem especificamente adaptações construídas pela seleção nem são as contingências históricas, mas representações de padrões naturais inerentes” (Gould, *apud* Brockman, 1998, p. 94).

Esta linha também defende que outra fonte, a auto-organização, é a responsável por toda esta imensa ordem biológica que vemos. A auto-organização dos sistemas biológicos coloca em questão a seleção natural como principal característica da evolução. Já a Teoria dos Sistemas Complexos coloca em questão da relação entre a morfogênese e a origem da vida. O estudo destes sistemas foi facilitado pelo aumento cada vez maior da capacidade de processamento dos novos computadores. Os sistemas dinâmicos governados por regras relativamente simples podem dar origem a resultados muito complexos, e em particular a complexos padrões espaciais.

O trabalho mais interessante nesta linha alternativa é o de Stuart Kauffman, o qual propõe que tanto a seleção natural quanto a auto-organização são responsáveis pela geração desta ordem, pois ambas atuam em conjunto. Para Kauffman (1993; 1995), o papel da auto-organização estaria ligado à evolução das espécies, neste caso atuando junto com a seleção natural, complementando-a ou restringindo-a.

2 KAUFFMAN E A TEORIA DA COMPLEXIDADE

Stuart Kauffman é um biólogo teórico que faz parte do *Science Board* do *Santa Fe Institute*, instituto criado em 1984 por um dos membros do Projeto Manhattan, George A. Cowan. A idéia de Cowan era criar um instituto privado, sem fins lucrativos, no qual poderiam ser estudados problemas complexos de maneira interdisciplinar não constrangidos pela tradicional compartimentalização acadêmica. O objetivo do Instituto era forjar um mecanismo de transmissão, entre as disciplinas tradicionais, de um conjunto de idéias e metodologias conhecido como “ciências da complexidade”. Desta forma, Cowan reavivou os objetivos do movimento cibernético dos anos 50 e 60, agora aliados a um novo conjunto de ferramentas, tais como computadores poderosíssimos (Lewin, 1994, p. 329).

Kauffman considera que a teoria da evolução é apenas parte de uma outra teoria maior que a englobaria. Para ele, a tarefa agora não é apenas:

[...] explorar as origens da ordem que possam estar disponíveis à evolução. Devemos também integrar esse conhecimento à visão básica oferecida por Darwin. A seleção natural, apesar de nossas dúvidas em casos particulares, é realmente uma força proeminente na evolução. Portanto, para combinar os temas da auto-organização e da seleção, devemos expandir a teoria evolutiva para que ela tenha uma base mais ampla e depois erguer um novo edifício. (Kauffman, 1993, p. xiv)

Apesar de vários aspectos de seu pensamento estarem de acordo com a biologia estruturalista, este autor apresenta algo diferente que o destaca dos demais, como, por exemplo, a utilização das redes booleanas como método para investigar a dinâmica dos sistemas complexos. As redes booleanas, também conhecidas como redes binárias, são sistemas termodinâmicos que se comportam conforme três regimes: um ordenado, um caótico e um complexo. É no regime complexo, o qual se encontra “no limite do caos”, que vamos encontrar os sistemas vivos (Kauffman, 1993, capítulo 4, *Order for free*). Kauffman, ao olhar para a evolução, usando um modelo matemático abstrato baseado em redes booleanas randômicas, vê transições de fase

entre atratores próximos e ordem espontânea (*free order*) ou emergente surgindo da auto-organização. Os neodarwinistas, ao contrário, vêem adaptação e mudança gradual (Kauffman, 1993; Richardson, 2001, p. 656; Auyang, 1999, pp. 195-202).

Kauffman reconhece a influência dos morfologistas racionais em seu trabalho, referindo-se à continuação de uma tradição. Admite especialmente a importância de D'Arcy Wentworth Thompson. Kauffman, que leu a principal obra de Thompson, *On growth and form*, considera que este livro continua sendo um dos melhores já escritos para aqueles que se interessam em encontrar a ordem que existe nos organismos. Ele afirma que

A investigação de Thompson, que o levou a considerar superfícies de mínima energia, a transformação de sistemas de coordenadas como a função do crescimento diferencial, e todo um conjunto de fenômenos, tem se firmado como uma fonte permanente para uma pequena linha da tradição intelectual que chega até à biologia contemporânea. (Kauffman, 1993, p. 643-44)

On growth and form, lançado inicialmente em 1917 e com uma nova edição extensamente aumentada em 1942, deu uma nova vida à morfologia racional. Neste livro, Thompson faz uma crítica ao darwinismo (seleção natural), defendendo que a “harmonia do mundo manifesta-se em forma e número, e o cerne e a alma e toda a poesia da filosofia natural estão incorporados no conceito de beleza matemática” (Thompson, 1942, p. 1096).

O trabalho de Kauffman é uma tentativa de continuar a tradição aberta por Thompson; agora, porém, com o espírito que está animando partes da física: a procura das origens da ordem nas propriedades genéricas dos sistemas complexos. É a procura de uma estrutura profunda para a biologia, área que Kauffman denomina de teoria dos sistemas complexos.

Este teórico sugere que deveríamos reconsiderar a:

[...] teoria da evolução, pois as fontes da ordem na biosfera vão agora incluir tanto a seleção quanto a auto-organização. [...] A auto-organização presagia ainda mais. Eu digo que nós temos que englobar os papéis tanto da auto-organização *quanto* da seleção darwiniana na evolução. (Kauffman, 1995, pp. 25-26)

Kauffman desenvolveu seus modelos de ontogenia e morfologia baseando-se na dinâmica não-linear ou na teoria do caos, aplicando esta última aos sistemas biológicos auto-catalíticos e aos sistemas regulatórios genômicos. Usando principalmente modelos criados em computador, ele mostra que estes sistemas biológicos exibem propriedades auto-organizadoras, às

quais correspondem algumas das propriedades auto-organizadoras encontradas nos sistemas caóticos. Assim, ele argumenta, as coisas vivas podem ser tratadas como sistemas no limite do caos.

O autor trabalha com a hipótese (ousada, porém frágil, segundo ele mesmo) de que em muitas frentes a vida evolui em direção a um regime equilibrado entre a ordem e o caos: “a vida existe no limite do caos”. Tomando emprestada uma metáfora da física, a vida pode existir em torno de uma certa transição de fase. A água existe em três fases: sólida (gelo), líquida (água) e gasosa (vapor). Ele considera que idéias semelhantes possam se aplicar a sistemas adaptativos complexos, dando como exemplo as redes genômicas que controlam o desenvolvimento do zigoto até o adulto, que podem existir em três tipos de regimes: um regime congelado e ordenado, um regime gasoso e caótico, e um tipo de regime líquido, localizado na região (limite do caos) entre a ordem e o caos. Estes regimes são os mesmos apresentados pelas redes booleanas. Stuart Kauffman considera esta hipótese “encantadora, com dados confirmativos consideráveis” (Kauffman, 1995, p. 26; *idem*, 1993, caps. 4-5). Ele explica:

Os sistemas genômicos se situam no regime ordenado perto da fase de transição para o caos. Se tais sistemas estivessem imersos demasiadamente fundo no regime congelado ordenado, eles seriam rígidos demais para coordenar as seqüências complexas de atividades genéticas necessárias ao desenvolvimento. Se eles estivessem demasiadamente imersos no regime gasoso caótico eles não seriam ordenados o suficiente. Redes no regime perto do limite do caos – este compromisso entre a ordem e a surpresa – parecem mais capacitadas para coordenar atividades complexas e também mais capacitadas a evoluir. É muito atraente a hipótese de que a seleção natural cria redes regulatórias genéticas que se encontram perto do limite do caos. (Kauffman, 1995, p. 25)

A auto-organização encontrada nas coisas vivas ajudaria a seleção natural, porque os sistemas auto-organizados são mais capazes de se adaptar no correr do tempo do que os sistemas que não são auto-organizados. Mas ela também restringiria a seleção natural ao fazer com que ela seja obrigada a trabalhar com a organização inerente aos sistemas vivos. À medida que estes sistemas se tornam mais complexos, estas restrições organizacionais apresentam uma influência maior sobre a evolução. Assim, para Kauffman, as “restrições ao desenvolvimento” na evolução são baseadas nas propriedades da auto-organização da vida, e não são restrições apenas históricas ou físico-químicas.

Kauffman afirma que a imagem do limite do caos surge também na co-evolução, pois, assim como nós evoluímos, o mesmo fazem os nossos competidores. Para que os homens se mantenham em forma eles têm que se ajustar às adaptações dos seus competidores. Em sistemas coevolutivos cada um dos parceiros vai escalando sua paisagem de aptidão em direção aos picos de aptidão, ao mesmo tempo em que aquela paisagem é constantemente deformada pelos movimentos adaptativos de seus parceiros coevolucionários. Tais sistemas coevolutivos também se comportam num regime ordenado, num regime caótico e num regime de transição:

É quase assustador como tais sistemas parecem coevoluir para o regime no limite do caos. Como movida por uma mão invisível, cada espécie adaptativa age de acordo com sua própria vantagem egoísta e, no entanto, o sistema inteiro parece, como por encanto, evoluir para um estado equilibrado, no qual, em média, cada um faz o melhor que se poderia esperar. (Kauffman, 1995, p. 26)

No entanto, como em muitos dos sistemas dinâmicos que são estudados por este pesquisador, cada um é impelido finalmente à extinção, apesar de seus melhores esforços pelo comportamento coletivo do sistema como um todo.

Neste ponto Stuart Kauffman pode ser chamado de darwinista, pois aqui pode-se perceber que ele desenvolve o programa de pesquisa de Theodosius Dobzhansky. A referência às paisagens de aptidão o aproxima da tradição darwinista. A seleção natural é mais efetiva quando existem múltiplos picos de aptidão em uma paisagem. Sewall Wright e Dobzhansky já haviam intuído isto, e, com sua pesquisa, Kauffman consegue uma explicação mais profundamente dinâmica (Weber, 1998, pp. 135-36, 42).

Já a resposta de Kauffman para a repetição reiterada dos mesmos padrões é muito mais parecida com a dos morfologistas racionais do que com a de Darwin. Ele diz que isso aconteceu porque existem formas naturais, leis do organismo. Para ele, a razão para estarmos aqui não é produto do acaso, mas produto de uma lei natural, com a humanidade encontrando seu lugar no universo da mesma maneira que um atrator encontra seu lugar em um espaço de possibilidades:

A existência de uma ordem espontânea é um desafio incrível às nossas idéias estabelecidas em biologia desde Darwin. A maior parte dos biólogos acreditou durante mais de um século que a seleção fosse a única fonte de ordem na biologia, que apenas a seleção é o “remendão” que cria as formas. Mas, se as formas dentre as quais a seleção faz sua escolha foram ge-

radas por leis da complexidade, então, isto significa que a seleção dispôs sempre de uma serva. A seleção natural não seria, afinal de contas, a única fonte da ordem e os organismos não seriam apenas engenhocas feitas de qualquer jeito, e sim expressões de leis naturais mais profundas. Se tudo isto é verdade, que revisão da visão de mundo darwiniana se estenderá diante de nós! Não nós, os imprevisíveis, e sim nós, os esperados. (Kauffman, 1995, p. 8)

Ele especula que se nós somos (de uma forma que ainda não conseguimos entrever) as expressões naturais da matéria e da energia unidas em sistemas de não-equilíbrio, se a vida em sua abundância devesse fatalmente surgir, não enquanto um acidente incalculavelmente improvável, mas sim como uma efetivação esperada da ordem natural, então nós estaríamos verdadeiramente em casa no universo (*at home in the universe*).

Para Stuart Kauffman, a teoria da complexidade pode explicar não só a origem da vida e do metabolismo, mas também a origem de formas corporais, das relações ecológicas, da psicologia, dos padrões culturais e da economia. Ele busca mostrar que leis gerais poderiam governar fenômenos que vão desde a explosão do cambriano até nossa era tecnológica pós-moderna, na qual o ritmo explosivo de inovação traz o horizonte temporal de um choque futuro cada vez mais para perto. Esta tentativa de esboçar estas leis é considerada por ele como a busca de uma “teoria da emergência” (Kauffman, 1995).

Um dos grandes críticos de Kauffman é o filósofo Michael Ruse. Ele acredita que este pesquisador, e mais um bom número de pessoas inteligentes, têm dificuldade em aceitar que se possa explicar tudo pela seleção natural. Por isso buscariam, então, explicações que vão mais para o lado místico, falando “em questões como organização, holística e coisas assim”, trazendo para a discussão coisas religiosas ou metafísicas (Araújo & Oliveira, 1999, pp. 13-14). Esta é uma crítica que tem de ser levada em consideração, pois em *At home in the universe* Kauffman diz que o aparecimento da ciência, e também da explosão tecnológica que se seguiu, nos levou à atual visão secular do mundo. Para ele, “ainda subsiste uma fome espiritual” (Kauffman, 1995, p. 4), e ele tem esperança de que as ciências da complexidade “possam nos ajudar a encontrar novamente nosso lugar no universo” (*ibid.*, p. 4). Assim poderíamos “recuperar nosso senso de valor, nosso sentido de sagrado” (*ibid.*, p. 5). “Aqui não se trata de uma mera pesquisa científica. Trata-se de uma aspiração mística [...] que passa pela busca de nossa raízes” (*ibid.*, p. 20).

Penso que essa crítica pertinente de Ruse não deveria invalidar a contribuição que o trabalho de Kauffman trouxe até agora. Por exemplo: diversos teóricos que discutem a biologia evolutiva do desenvolvimento (evo-devo), e que têm publicado trabalhos mais recentemente, citam os trabalhos de Kauffman.

Outro problema da hipótese de Kauffman é que ela é toda baseada em programas de computador, e a partir daí se infere que este comportamento também acontece em sistemas biológicos. Falta, ainda, ao estruturalismo processual, produzir mais resultados que impressionem e resistam à passagem do tempo. Até o momento o estruturalismo processual ainda não provou empiricamente a sua tese. A resolução destas questões depende, em grande parte, do sucesso do programa de pesquisa proposto por Kauffman e outros estruturalistas processuais.

A respeito deste último ponto, um caso promissor é o de Andreas Wagner. No recém lançado *Robustness and evolvability in living systems* (2005), ele tenta sanar este problema ao defender algumas das idéias de Kauffman, contribuindo significativamente para o esforço de se repensar a evolução. Wagner aprofunda a proposta de Kauffman de que “muitas das características dos organismos e sua evolução [seriam] profundamente robustas e insensíveis a detalhes” (Kauffman, 1995, p. 23). Ao final do livro Wagner lança sete questões abertas para a consideração dos biólogos sistêmicos e dos neodarwinistas, reconhecendo que ambos ainda não responderam a uma série de questões, que são atualmente muito mais empíricas do que teóricas.

3 POR UM OLHAR ALTERNATIVO: O ESQUEMA RUSSELL/OSPOVAT

Os defensores do paradigma dominante (a Síntese Moderna) tendem a relacionar o estruturalismo com os *Naturphilosophen*, com os morfologistas racionais e com os anatomistas transcendentais, quase sempre com o intuito de desqualificar as duas concepções que Willis W. Harman e Elisabet Sahtouris denominam de uma “nova biologia”. Na primeira,

A física quântica e a teoria da complexidade oferecem novas idéias tão inspiradoras que as suas implicações conduzem a uma biologia qualitativamente “nova”; nenhuma modificação epistemológica fundamental parece ser necessária. Concepção 2: Há a necessidade de uma biologia mais holística, caracterizada pelo reconhecimento de que o todo é mais do que a soma das suas partes, por qualidades “manifestas” não redutíveis mesmo em

princípio às ciências exatas e por uma epistemologia mais participativa. (Harman & Sahtouris, 2003, pp. 13-14)

Segundo Lynn Nyhart, no início do século XIX “a *Naturphilosophie* tornou-se a palavra código que significava especulação e era regularmente usada como um rótulo conveniente para depreciação” (Nyhart, 1995, p. 44). Citando, como exemplo, um artigo de Michael Ruse, de 1993, Ron Amundson afirma que esta tradição depreciativa ainda continua viva. No artigo, Ruse afirmava que, “embora tendo sido influente, a *Naturphilosophie* foi no final das contas um disparate muito ridículo, com todas as suas tolas noções sobre polaridades e arquétipos e por aí afora” (Amundson, 1998, pp. 170-171).

A *Naturphilosophie* (Filosofia da Natureza) era uma corrente da filosofia alemã do início do século XIX, associada particularmente com Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling e Georg Wilhelm Friedrich Hegel, representando uma síntese filosófica das características gerais e das grandes leis da natureza. Fora da Alemanha este movimento tomou o nome de Anatomia Filosófica (*Philosophical anatomy*). Historicamente, estão associados a esta linha alguns naturalistas como Goethe, Oken, Owen e Geoffroy Saint-Hilaire. Para John Wilkins (1998), estes biólogos pré-darwinianos procuravam leis matemáticas capazes de explicar por que a natureza parecia recorrer sempre aos mesmos motivos. Para eles, as espécies eram consideradas divisões naturais, o resultado de leis ocultas da natureza. No século XX, um desdobramento desta perspectiva, às vezes chamada de morfologia racional ou morfologia idealística, tem como representantes William Bateson e D’Arcy Wentworth Thompson.

Wilkins (1998) relaciona o estruturalismo processual com o formalismo e com as leis do crescimento (*laws of growth*), também conhecida, segundo ele, como *Naturphilosophie*. O formalismo e as leis do crescimento defendiam a existência de profundas leis de mudança que determinavam algumas, ou todas, características dos organismos. Foi com os *Naturphilosophen* e com Goethe que surgiu “a tendência em designar com o termo “arquétipo” a imagem original de estruturas complexas concretas, acabadas, quer do mundo orgânico (a pata, a asa, a folha, etc.) quer do inorgânico” (Thom, 1985, p. 167).

A morfologia no período pré-evolucionista combinou a observação de certos tipos de estrutura (unidade de plano) com o conceito platônico de *eidós*, postulando que os organismos representariam um número limitado de arquétipos. Os morfologistas buscavam a essência verdadeira, o tipo

ideal, ou como os alemães a chamavam, a *Urform*, latente na grande variedade observável (Mayr, 2005, pp. 42, 189; Mayr, 1982, p. 458). Monod afirma que havia mesmo “uma ambição “platônica” na pesquisa sistemática dos invariantes anatômicos, à qual se consagraram os grandes naturalistas do século XIX” (Monod, 1972, p. 119).

Segundo Ernst Mayr, os morfologistas idealistas não conseguiram explicar a unidade de plano e o porquê das estruturas guardarem rigorosamente o seu modelo de conexões, independentemente do quanto fossem modificadas por necessidades funcionais. Owen (1804-1892), que foi o último grande morfologista idealístico do período pré-darwiniano, incorporava em sua teoria a teleologia de Cuvier, o princípio das conexões de Geoffroy, a idéia da repetição serial das partes de Oken, e alguns aspectos da evolução dualista de Lamarck (Mayr, 1982). Em 1859, com a teoria da evolução, Darwin substituiu o arquétipo da morfologia idealística pelo ancestral comum e redefiniu, em função disto, a homologia, conferindo um novo sentido à pesquisa morfológica. Para ele, “nada poderia ser mais inútil do que tentar explicar esta semelhança de padrão nos membros da mesma classe com base na utilização ou na doutrina das causas finais” (Darwin, 2002, p. 329).

Wilkins, Maynard Smith, Monod, e Mayr, além do próprio Darwin, representam uma visão de uma determinada história e filosofia da biologia que considerava, e ainda considera, o criacionismo como a única alternativa ao evolucionismo.

Uma solução interessante para lidar com este debate evolucionismo/criacionismo/estruturalismo vem do trabalho de Ron Amundson. Ele lançou uma luz sobre todo este debate ao sugerir um olhar alternativo sobre a história e a filosofia da biologia (Amundson, 1998). Este olhar alternativo é o que o autor denomina de *esquema Russell/Ospovat*. A utilização deste esquema também é bastante útil para esclarecer o debate em torno da importância da seleção natural na explicação da evolução.

A partir da leitura dos trabalhos de Edward S. Russel (*Form and function*, 1916) e de Dov Ospovat (*The development of Darwin's theory*, 1981; “Perfect adaptation and teleological explanation”, 1978), Amundson vai propor uma nova leitura, tanto para a história do pensamento biológico, quanto para o atual debate em torno da evolução.

O drama da biologia do século XIX adquire novos aspectos a partir do esquema Russell/Ospovat. Em especial, a relevância do estudo da anatomia e da morfologia pode ser vista sob uma nova luz. [...] A alternativa R/O for-

nece uma perspectiva valiosa não apenas para o século XIX, mas também para a biologia pós-Síntese (Amundson, 1998, p. 154).

A abordagem do pensamento biológico do século XIX começou a ter uma característica marcante quando Darwin escolheu como antagonista o criacionismo e não a morfologia racional. Mesmo tendo reconhecido mais tarde que nem todos os seus contemporâneos se encaixavam na dicotomia criacionismo/evolucionismo, Darwin a usou como um efetivo estratagema explicativo, que realçou, com grande sucesso, as virtudes de sua teoria. De qualquer maneira, na mente do público em geral, a criação especial era provavelmente a única alternativa bem conhecida para a evolução. E esta dicotomia definida por Darwin, há mais de cento e quarenta anos, continua a dar forma ao nosso entendimento dos debates em biologia, e especialmente na história da biologia (Amundson, 1998, p. 154).

Segundo David Hull (1989, p. 62; cf. Amundson, 1998), Darwin, em *A origem das espécies*, construiu toda a sua argumentação, a evolução gradual das espécies pela seleção natural, contra a criação especial, que seria a crença “que em numerosos períodos da história do mundo determinados átomos elementares tenham subitamente atendido ao comando de se reunirem, irrompendo sob a forma de tecidos vivos” (Darwin, 2002, p. 376). A escolha feita por Darwin de enfrentar diretamente os criacionistas se deveu ao fato de que ele “não tinha idéia de como confrontar as explicações idealísticas em relação às idéias platônicas e às forças polarizantes. Em vez disso, ele usou a arma mais poderosa dos cientistas: o silêncio” (Hull, 1989, p. 63). A estratégia de Darwin obteve um sucesso tão grande “que os cientistas e os historiadores que vieram depois, freqüentemente tomaram seu argumento essencialmente polêmico pelo seu valor de face. Mas, de fato, o debate nunca foi tão categoricamente polarizado” (Rudwick, 1976, p. 222).

Mesmo depois de 1859, Owen e outros cientistas reafirmaram sua antiga posição de que estavam preparados para aceitar algum tipo de evolução, mas não aceitavam aquela proposta por Darwin. Rudwick diz que isso pode ter acontecido tanto pela ignorância de Darwin em relação à ciência feita no Continente, quanto para fortalecer sua argumentação. Quanto à ignorância de Darwin, Rudwick está se referindo à oposição que havia entre a ciência feita na Grã-Bretanha e a feita no Continente europeu (Rudwick, 1976). Havia uma clara divergência entre o pensamento biológico dos biólogos britânicos, que consideravam adaptação orgânica como sendo um fato facilmente observável no mundo natural, preferindo as explicações funcionais, e os biólogos continentais, que pretendiam ter descoberto tipos

“superiores” e eram mais especulativos, preferindo as explicações estruturais. “Os fatos funcionais pareciam concretos e empíricos para os britânicos e, por comparação, as teorias estruturalistas continentais (postulando unidades hipoteticamente-inferidas) pareciam transcendentais” (Amundson, 1998, pp. 170-171).

David Hull, em “Darwin and the nature of science” (1989), fez uma distinção entre o idealismo e o criacionismo do século dezenove, rompendo com a tradição de classificar o transcendentalismo como um subtipo da Teologia Natural. Ele considerou o evolucionismo, o criacionismo, e o idealismo como doutrinas opostas (Amundson, 1998, p. 158). Com Hull, a biologia transcendentalista começou a ser distinguida do criacionismo da Teologia Natural, mas ela ainda se mantinha vazia de conteúdo científico, pois os transcendentalistas continuaram a ser considerados como defensores de uma posição que “não era uma explicação científica”. Esta última expressão é retirada das edições posteriores a 1859 da *Origem das espécies*, logo após um comentário sobre a obra de Owen. Na primeira edição há o comentário sobre Owen, mas não a expressão “não era uma explicação científica”.

Embora não fossem um grupo homogêneo, os transcendentalistas concordavam que

[...] existia um “sistema natural”, que unificava formas distintas, e que os padrões estruturais, que podiam ser descobertos em embriologia e morfologia comparativa, davam indícios de sua natureza. Tipos e subtipos eram características intrínsecas deste sistema, e não meramente conveniências de classificação. (Amundson, 1998, p. 172)

Segundo Amundson, Dov Ospovat oferece uma representação melhor do verdadeiro estado do debate na biologia do século XIX. A classificação proposta por Ospovat contrasta os teleologistas com os morfologistas.

Os teleologistas consideravam a adaptação e o ajuste dos organismos ao seu meio ambiente como o fato singular mais profundo da biologia. Os morfologistas rejeitavam a centralidade da adaptação, e consideravam as propriedades em comum das estruturas como as mais profundas indicações da realidade biológica. (Amundson, 1998, pp. 154-155)

Antes de Ospovat, Edward S. Russell, no livro *Form and function* (1916), descreveu a história da biologia como um longo debate entre os defensores da centralidade biológica da forma (estruturalistas) e aqueles defensores da centralidade da função (funcionalistas). Amundson afirma que a perspectiva do esquema Evolução/Criação é usada por diversos filósofos, cientistas

e historiadores principalmente entre 1959 e 1980. Já a interpretação que usa o esquema Russell/Ospovat recebe o apoio de um grupo mais atual de historiadores da ciência.

Os biólogos rotulados de “morfologistas idealísticos” são morfologistas, no esquema Russell/Ospovat. Eles pertenciam à categoria da anatomia transcendental, e defendiam a primazia da estrutura ou da forma – da *unidade de tipo*, sobre a função – as *condições de existência*. A estes transcendentalistas, como por exemplo, Goethe, Geoffroy Saint-Hilaire, Agassiz, Owen e os *Naturphilosophen*, Amundson acrescenta também os embriologistas continentais, como, por exemplo, Karl Ernst Von Baer (Amundson, 1998, pp. 154-155).

Os defensores da Teologia Natural britânica, aliados do conservadorismo político e religioso, mantinham relações ásperas com os representantes da anatomia transcendental. Os teólogos naturais não consideravam os transcendentalistas como pertencentes ao seu grupo, além de não levar a sério a morfologia. “Os anatomistas transcendentais pareciam ver a natureza como capaz de auto-organização, mais do que o produto planejado de um *Designer* supernatural” (Amundson, 1998, pp. 159-160). Ao se criar o esquema Evolução/Criação, o transcendentalismo, que não era considerado um movimento evolucionário, só poderia ser classificado como um movimento criacionista. Porém, os transcendentalistas não se encaixavam bem em nenhuma das duas opções (Amundson, 1998, p. 165).

4 CONCLUSÃO

Ao defender a imagem do transcendentalismo do século XIX como sendo relacionada com o “argumento do projeto”, a perspectiva funcionalista do neodarwinismo subestimou as influências estruturalistas no pensamento de Darwin e superestimou a oposição de Darwin aos autores estruturalistas. O neodarwinismo apresentou ainda o estruturalismo como a própria antítese do pensamento científico evolucionário (Amundson, 1998, pp. 174-175). Tanto a contraposição da perspectiva *populacional* com a perspectiva *fisiológica*, ou a contraposição da perspectiva *populacional* ou *variacional* com a perspectiva *tipológica* ou *essencialista* são excludentes, pois não permitem que as propostas estruturalistas ou desenvolvimentistas sejam levadas em consideração na explicação da evolução.

Nos últimos quinze anos, os biólogos desenvolvimentistas passaram a argumentar a favor da inclusão das abordagens estrutural e embriológica na

teoria evolucionária, sendo que alguns deles até defendem uma Segunda Síntese, que desta vez incluiria a embriologia:

Muitos estruturalistas modernos reconhecem sua ancestralidade intelectual associada aos transcendentalistas do século XIX. Assim como no século XIX, alguns estruturalistas modernos, como Brian Goodwin e Stuart Kauffman, enfatizam padrões abstratos. Outros dão ênfase aos mecanismos ou à genética do desenvolvimento embriológico, como Wake e Gilbert. Os funcionalistas neodarwinianos naturalmente dão pouco valor a estes estudos. Assim como no século XIX, as diferenças metodológicas têm aqui um poderoso papel nos debates (Amundson, 1998, pp. 173-174).

Penso que certos debates evolucionários atuais, como por exemplo, o papel da seleção natural e a biologia evolutiva do desenvolvimento (evo-devo), e também o trabalho de Kauffman (1993, 1995), se ajustariam coerentemente se vistos pela perspectiva do esquema Russel/Ospovat. Isto porque este esquema permite uma abordagem inclusiva, ao deixar claro dois aspectos: primeiro, o claro contraste entre teleologistas e morfologistas; segundo, o longo debate na história da biologia entre os defensores da centralidade biológica da forma (estruturalistas) e aqueles defensores da centralidade da função (funcionalistas). O esquema Russel/Ospovat nos permite ver que, apesar de Kauffman apresentar ferramentas explanatórias diferentes da biologia evolutiva neodarwinista, isso não implica que uma das duas esteja errada. Pelo contrário, as duas poderiam estar corretas. Como bem ressalta Robert Richardson (2001), as obras *The origins of order* (Kauffman) e *The origin of species* (Darwin) não estão em competição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMUNDSON, Ron. Typology reconsidered: Two doctrines on the history of evolutionary biology. *Biology and Philosophy*, **13**: 153-177, 1998.
- ARAÚJO, Aldo Mellender de.; OLIVEIRA, Daisy Lara de. Conversando com Michael Ruse. *Episteme* **8**: 9-20, 1999.
- AUYANG, Sunny. W. *Foundations of complex-system theories in economics, evolutionary biology, and statistical physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- BROCKMAN, John (ed.). *A terceira cultura: para além da revolução científica*. Trad. Álvaro Augusto Fernandes. Lisboa: Temas e Debates, 1998.
- DARWIN, Charles. *Origem das espécies*. Trad. Eugênio Amado. Belo Horizonte: Itatiaia, 2002.
- DENNETT, Daniel C. *A perigosa idéia de Darwin: a evolução e os significados da*

- vida*. Trad. Talita M. Rodrigues Mourão. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.
- DEPEW, David; WEBER, Bruce (orgs.). *Evolution at a crossroads: the new biology and the new philosophy of science*. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.
- DOBZHANSKY, Theodosius. *Genética do processo evolutivo*. Trad. Celso Abbade. São Paulo: Polígono, 1973.
- ELDREDGE, Niles. *Reinventing Darwin: the great debate at the high table of evolutionary theory*. New York: Wiley, 1995.
- GOODWIN, Brian. Toward a science of qualities. Pp. 215-250, *in*: HARMAN, Willis (ed.). *New metaphysical foundations of modern science*. Sausalito: Institute of Noetic Sciences, 1994.
- . A biologia é uma dança. Pp. 85-97, *in*: BROCKMAN, John (ed.). *A terceira cultura: para além da revolução científica*. Trad. Álvaro Augusto Fernandes. Lisboa: Temas e Debates, 1998.
- HARMAN, Willis; SAHTOURIS, Elisabet. *Biologia revisada*. Trad. Henrique Amat Rêgo Monteiro. São Paulo: Cultrix, 2003.
- HULL, David. Darwin and the nature of science. Pp. 62-78, *in*: HULL, David. *The metaphysics of evolution*. Albany: State University of New York Press, 1989.
- KAUFFMAN, Stuart. *At home in the universe: the search for the laws of self-organization and complexity*. New York: Oxford University Press, 1995.
- . *Origins of order: Self-organization and selection in evolution*. New York: Oxford University Press, 1993.
- . “O que é vida?” Schrödinger estava certo? Pp. 101-135, *in*: MURPHY, Michael. P.; O’NEILL, Luke. A. J. (orgs.). *“O que é vida?” 50 anos depois. Especulações sobre o futuro da biologia*. Trad. Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: UNESP, 1997.
- LEWIN, Roger. *Complexidade – a vida no limite do caos*. Trad. Marta Rodolfo Schmidt. Rio de Janeiro: Rocco, 1994.
- MAYNARD SMITH, John. *Modelando a vida – genes, embriões e evolução*. Trad. Vitor Miguel Matos. Coimbra: Quarteto, 2001.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge: Belknap, 1982.
- . Prologue: Some thoughts on the history of the evolutionary synthesis. Pp. 1-48, *in*: MAYR, E.; PROVINE, B. W. *The evolutionary synthesis: perspectives on the unification of biology*. Cambridge: Harvard University Press, 1998.
- . *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Trad. Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MONOD, Jacques. *O acaso e a necessidade: ensaio sobre a filosofia natural da*

- biologia moderna*. Trad. Bruno Palma e Pedro Paulo de Sena Madureira. Petrópolis: Vozes, 1972.
- NYHART, Lynn K. *Biology takes form: animal morphology and the German universities, 1800-1900*. Chicago: University of Chicago Press, 1995.
- OSPOVAT, Dov. Perfect adaptation and teleological explanation. *Studies in the History of Biology* **2**: 33-56, 1978.
- . *The development of Darwin's theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- RESNIK, David. Laws and development. *Synthese* **112**: 37-51, 1997.
- RICHARDSON, Robert C. Complexity, self-organization and selection. *Biology and Philosophy* **16**: 653-682, 2001.
- RUDWICK, Martin J. S. *The meaning of fossils: episodes in the history of palaeontology*. Chicago: The University of Chicago Press, 1976.
- RUSSELL, Edward S. *Form and function*. London: John Murray, 1916.
- THOM, René. *Parábolas e catástrofes*. Entrevista sobre matemática, ciência e filosofia conduzida por Giulio Giorello e Simona Morini. Trad. Mário Brito. Lisboa: Dom Quixote, 1985.
- THOMPSON, D'Arcy Wentworth. *On growth and form*. Cambridge: Cambridge University Press, 1942. 2 vols.
- WAGNER, Andreas. *Robustness and evolvability in living systems*. Princeton: Princeton University Press, 2005.
- WEBER, Bruce H. Origins of order in dynamical models. *Biology and Philosophy*; **13**: 133-144, 1998.
- WILKINS, John. *So you want to be an anti-Darwinian. Varieties of opposition to Darwinism* (1998). Versão eletrônica, disponível em: <<http://www.talkorigins.org/faqs/anti-darwin.html>>, acessado em 14/12/2005.

La teoría de la bioquímica metabólica y sus ejemplos paradigmáticos*

Ana Donolo**
Lucía Federico***
Pablo Lorenzano****

1 INTRODUCCIÓN

El importante papel que juegan los libros de texto en la enseñanza de la ciencia, que es señalado en los últimos años desde la pedagogía por autores como Litwin (1997), quien destaca que los docentes y los alumnos tienden a utilizar los libros de texto como uno de los principales recursos en el proceso de enseñanza-aprendizaje ya que el libro impregna la práctica, transmite los contenidos y organiza las experiencias de los alumnos con una enorme fuerza legal, ya había sido señalado por filósofos de la ciencia como Fleck (1935) y Kuhn (1970, 1977). En ese sentido, Fleck afirma que “la iniciación a la ciencia se realiza de acuerdo con métodos pedagógicos especiales” (Fleck, 1935, p. 148) a través de los libros de texto, en tanto que Kuhn, quien siguiendo a Fleck señala que “[l]a característica más notable

* Este trabajo fue realizado con la ayuda de los proyectos de investigación PICT REDES 2002 N° 00219 y PICT2003 N° 14261 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

** Estudiante de doctorado de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Becaria Doctoral de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Lugar de Trabajo: Universidad Nacional de Quilmes, Roque Sáenz Peña 352, (B1876BXD) Bernal, Prov. Buenos Aires, Argentina. E-mail: asdonolo@yahoo.com.ar.

*** Estudiante de doctorado de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Becaria Doctoral del CONICET. Lugar de Trabajo: Universidad Nacional de Quilmes, Roque Sáenz Peña 352, (B1876BXD) Bernal, Prov. Buenos Aires, Argentina. E-mail: luciafed@hotmail.com.

**** Investigador CONICET; Universidad Nacional de Quilmes, Roque Sáenz Peña 352, (B1876BXD) Bernal, Prov. Buenos Aires, Argentina. E-mail: pablol@unq.edu.ar.

de esta educación consiste en que, en grado totalmente desconocido en otros campos, se realiza mediante libros de texto” (Kuhn, 1977, p. 228), realiza un primer análisis de ellos. En dicho análisis, Kuhn introduce por primera vez el término de posiblemente mayor repercusión de su trabajo, el de ‘paradigma’:

En estos libros aparecen soluciones a problemas concretos que dentro de la profesión se vienen aceptando como paradigmas, y luego se le pide al estudiante que resuelva por sí mismo, con lápiz y papel o bien en el laboratorio, problemas muy parecidos, tanto en método como en sustancia, a los que contiene el libro de texto o a los que se han estudiado en clase. Nada mejor calculado para producir ‘predisposiciones mentales’ o *Einstellungen*. (Kuhn, 1977, p. 229)

A través de la familiarización con los ejemplos estandarizados, aceptados o compartidos, de las soluciones a problemas concretos o selectos, o paradigmas, que luego serían llamados “ejemplares” (Kuhn, 1970, p. 187), y del intento de resolver los problemas planteados en el libro de texto, por el profesor en clase o en los exámenes, se aprende, de una manera no discursiva, a ver qué entes pueblan el universo de la investigación, cuáles son las preguntas que pueden plantearse, cuáles las respuestas admisibles y cuáles los métodos para ponerlas a prueba, y a resolver los problemas o “rompecabezas” novedosos, aunque similares a los anteriores, que surgen en el transcurso de la investigación científica (o “ciencia normal”). Los problemas o “rompecabezas” son resueltos adaptando las generalizaciones simbólicas (aquellos componentes de los paradigmas-matrices disciplinares que hacen las veces de leyes en su acepción tradicional, pero que sería mejor concebir como “esquemas de ley”) y obteniendo las formas específicas que requieren dichas generalizaciones para su aplicación a los problemas particulares; en el caso de nuevos problemas o “rompecabezas”, éstos se resuelven a partir de su visualización como problemas análogos a los ya resueltos (Kuhn, 1970, pp. 35 y ss., 179, 187 y ss.).

Química biológica (Blanco, 2005) y *Bioquímica* (Stryer, 1988) son dos libros de textos universitarios utilizados en muchos cursos en Argentina, así como también en otros países de habla castellana y portuguesa, que se ajustan a las características señaladas por Kuhn (1970). Es común que estos libros formen parte de la bibliografía obligatoria en las carreras bioquímicas, biológicas y biomédicas, y que, por lo tanto, sea frecuente encontrarlos en las bibliotecas de las facultades donde se imparten dichas carreras.

La bioquímica, en su caracterización más simple, puede ser entendida como el estudio químico de los seres vivos. A su vez, ésta puede dividirse en dos amplias áreas de estudio. Por un lado, la *bioquímica estática*, que analiza la estructura de las macromoléculas orgánicas (proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, además de otras pequeñas moléculas presentes en las células); por el otro, la *bioquímica dinámica*, que estudia su carácter funcional. Esta última captura las *reacciones químicas* que ocurren en todo ser vivo en cada instante, es decir, las reacciones químicas *metabólicas*. El trabajo aquí presentado se centra en aquella parte de la bioquímica dinámica conocida como *enzimología*, o conocimiento de las enzimas, que es el pilar fundamental de la investigación en la *bioquímica* de los procesos *metabólicos*: en cada una de las reacciones químicas metabólicas que ocurren en los seres vivos en cada instante se ve implicada por lo menos una *enzima*. Más aun, el conocimiento de las enzimas ha sido un factor decisivo en la comprensión de los fenómenos biológicos.

El objetivo del presente trabajo es hacer un análisis de los contenidos de bioquímica que aparecen en los capítulos de enzimología de los textos universitarios mencionados más arriba, mediante las herramientas proporcionadas por la *concepción estructuralista de las teorías científicas*¹. Específicamente, mostraremos las líneas de especialización que capturan aquellos “ejemplos paradigmáticos” o “ejemplares” que aparecen en ambos manuales, mencionando, además, un ejemplar adicional presentado en uno sólo de los libros analizados (Blanco, 2005), a los efectos de mostrar que, aunque existe una cierta heterogeneidad en la presentación de los temas, éstos se logran integrar de modo natural en una y la misma teoría: la teoría de la bioquímica dinámica o metabólica.

¹ La concepción estructuralista de las teorías se inicia en los Estados Unidos con la obra fundacional realizada por un antiguo estudiante de Suppes, Joseph Sneed (1971), y se desarrolla en posteriormente en Centroeuropa, principalmente en Alemania Federal, durante los años setenta y ochenta de la mano de aquel que reintrodujera la filosofía analítica en general y la filosofía de la ciencia en particular en los países de habla alemana y demás países de Europa Central luego de la Segunda Guerra Mundial, Wolfgang Stegmüller (1973, 1979), y sus discípulos C.Ulises Moulines (1975, 1982, 1991) y Wolfgang Balzer (1978, 1982, 1985). En estos años la escuela amplía el aparato metateórico inicial y extiende su ámbito de aplicación hacia diversas disciplinas científicas. Los resultados principales de esta primera época se recogen a finales de los ochenta en la *summa* estructuralista de Balzer, Moulines & Sneed (1987). Una bibliografía muy completa de los trabajos en esta época desde y sobre la concepción estructuralista se encuentra en Diederich, Ibarra & Mormann (1989), bibliografía que es actualizada en Diederich, Ibarra & Mormann (1994).

2 LOS EJEMPLARES DE LA ENZIMOLOGÍA

En el capítulo “Enzimología” de los libros de texto analizados, los “ejemplares” que se repiten son el de la enzima succinato deshidrogenasa (inhibición competitiva) y el de la acetilcolinesterasa (inhibición irreversible)².

El primer “ejemplar” compartido:

Un ejemplo de inhibición competitiva muy bien estudiado es el de la succinato deshidrogenasa por el malonato (forma ionizada del ácido malónico). La succinato deshidrogenasa cataliza la oxidación de succinato, el cual pierde dos hidrógenos para convertirse en fumarato. El ácido malónico tiene semejanza estructural con el ácido succínico; es también un ácido dicarboxílico de cadena lineal, pero con un carbono menos. En el centro activo de succinato deshidrogenasa existen grupos con cargas positivas que atraen los carboxilatos del succinato. Otros diácidos con funciones $-\text{COO}^-$ [carboxilato] separadas por una distancia adecuada, como es el caso del malonato y algunos otros ácidos dicarboxílicos, se fijan al sitio activo de la enzima. Esta no puede deshidrogenar al malonato, pues su cadena carbonada es diferente de la del succinato y por ello la acción de la enzima es bloqueada (Blanco, 2005, p. 136).

El segundo “ejemplar” compartido:

La acción de los gases neurotóxicos sobre la acetilcolinesterasa, una enzima que juega un importante papel en la transmisión de los impulsos nerviosos, es un ejemplo de inhibición irreversible. El diisopropilfosforodato (DIPF), uno de estos agentes, reacciona con un residuo crítico de serina en el centro [sitio] activo del [de la] enzima, para formar un[a] enzima inactivo [inactiva] diisopropilfosforilado (Stryer, 1988, p. 198).

Por otra parte, encontramos la inhibición reversible no competitiva que ocurre en el caso del envenenamiento por cianuro:

Otros inhibidores se unen a metales componentes de la molécula de enzimas y producen su inhibición. Este es el mecanismo de acción del cianuro, poderoso veneno que se fija al hierro (Fe) de citocromos, catalasas y peroxidasas y bloquea su actividad (Blanco, 2005, p. 137).

Este “ejemplar” se presenta en Blanco (2005), pero no en Stryer (1988).

² En todos los casos se presentan los “ejemplares” del libro de texto en el que están más exhaustivamente desarrollados.

3 ALGUNAS NOCIONES ESTRUCTURALISTAS PARA EL ANÁLISIS DE LAS TEORÍAS

Para la *concepción estructuralista de las teorías científicas*³ – como para toda concepción *semántica* o *modelo-teórica* – una teoría empírica *no* es una *entidad lingüística*, sino que considera que el componente más básico para la identidad de una teoría es una *clase de modelos* en el sentido de Tarski. Sin embargo, y a diferencia de otra de las concepciones de la familia semanticista, la concepción suppesiana de las teorías, para la concepción estructuralista una teoría no debe ser identificada con una clase de estructuras (o modelos), sino, antes bien, con una serie de clases de estructuras jerárquicamente organizadas; cada clase de estructuras es denominada “elemento teórico” y a la serie total la llamamos “red teórica”; una teoría es (usualmente) una *red jerárquica de elementos teóricos*.

El tipo más simple de estructura conjuntista susceptible de ser considerado una elucidación formal del concepto intuitivo de teoría científica es, entonces, el denominado *elemento teórico T* y puede ser identificado, en una primera aproximación, con el par ordenado consistente en un núcleo *teórico K* y en un conjunto de *aplicaciones pretendidas, propuestas o intencionales I*: $T = \langle K, I \rangle$. El núcleo *K* es la parte formal de la teoría, que expresa los recursos conceptuales a diferentes niveles y las restricciones-leyes que según la teoría rigen su ámbito de estudio. El conjunto de aplicaciones intencionales *I* constituye la parte aplicativa del elemento teórico, y especifica, en términos no-teóricos respecto de la teoría, los sistemas empíricos a los que la teoría pretende aplicarse, de los que pretenden que son regidos por sus restricciones-leyes. Veamos esto más detenidamente.

³ Si bien es en Europa Central en donde la concepción estructuralista ha llegado a ser bien conocida, valorada y practicada en los medios epistemológicos, y es en revistas tales como *Erkenntnis*, *Synthese*, *Studia Logica*, *Philosophia Naturalis* o *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* o en las actas de los coloquios allí realizados que se encuentran las contribuciones más importantes y más numerosas a la discusión o al desarrollo de la concepción estructuralista, esta concepción también ha sido difundida y desarrollada en países de habla castellana, tanto europeos como latinoamericanos (Moulines, 1982, 1991; Balzer, 1997; Stegmüller, 1981, 1983; Díez & Lorenzano, 2002b). Para una presentación sucinta de esta concepción metateórica, ver Díez & Lorenzano (2002a). Para una discusión e incorporación al estructuralismo de varios tópicos generales de la filosofía de la ciencia, ver Balzer & Moulines (1996), Díez & Lorenzano (2002b) y Ernst & Niebergall (2006). Para una reconstrucción estructuralista de teorías “más o menos simples”, ver Balzer (1997), Balzer, Moulines & Sneed (1987, 2000) y Díez & Lorenzano (2002b).

El *núcleo* K es un conjunto ordenado formado por los siguientes elementos: M_p , M , M_{pp} , C y L . Los modelos potenciales M_p simbolizan la clase total de entidades que satisfacen las condiciones que caracterizan matemáticamente al aparato conceptual de la teoría y son aquellas estructuras de las cuales tiene sentido preguntarse si son modelos, pero que todavía no se sabe si efectivamente lo son. Los modelos actuales M simbolizan las entidades que satisfacen la totalidad de las condiciones introducidas, es decir, que además satisfacen la(s) ley(es) fundamental(es) de la teoría, siendo así la contraparte modelo-teórica de tal(es) ley(es). Los denominados modelos (potenciales) parciales M_{pp} que describen, mediante conceptos no-teóricos relativos a la teoría en cuestión, los sistemas posibles a los que es concebible aplicar dicha teoría, constituyen la “base empírica” de la teoría. El estructuralismo rechaza la distinción “teórico/observacional” por ambigua. Esta distinción esconde en realidad dos distinciones no coextensivas: “observacional/no observacional”, de un lado, y “no teórico/teórico”, de otro. Para el análisis de la estructura local de las teorías, la distinción relevante es la segunda. Ahora bien, esta distinción no es una distinción absoluta, sino que está relativizada a las teorías. Un término, o un concepto, o una entidad, no es teórico o no teórico sin más, sino *relativamente a una teoría dada*. Por eso no se debe hablar tanto de teoricidad cuanto de T -teoricidad, teoricidad relativamente a la teoría T . La idea es que un concepto es T -teórico si es un concepto *propio* de la teoría T , *introducido* por ella, y es T -no-teórico si es un concepto previamente disponible a T . La formulación precisa del criterio de T -teoricidad usa la noción técnica de *método* o *procedimiento de determinación*, que no podemos presentar aquí en detalle. Informalmente, dicho criterio establece lo siguiente. Un concepto es T -no-teórico, si es *anterior* a T , e.e. si tiene procedimientos de determinación *independientes* de T ; en cambio es T -teórico, si es propio de T , si su determinación depende *siempre* de T . Un método o procedimiento de determinación se considera dependiente de la teoría T si presupone la aplicabilidad de T , la validez de sus leyes, esto es, si usa o presupone modelos actuales de T . La idea es que un concepto es T -teórico si no se puede determinar sin presuponer la aplicabilidad de T , si *todo* procedimiento para su determinación la presupone; y es T -no-teórico si tiene *algún* procedimiento de determinación T -independiente, si es posible determinarlo sin suponer la aplicación de la teoría, por más que también tenga otros T -dependientes. El conjunto de los M_{pp} es el conjunto de los modelos potenciales M_p una vez que se han recortado de éstos los términos T -teóricos. Los últimos componentes del núcleo son las condiciones de ligadura C y los vínculos L , que reflejan las relaciones entre los distintos modelos de la

misma teoría (o sea, relaciones intermodélicas intrateóricas) o con modelos de otras teorías (es decir, relaciones intermodélicas interteóricas), respectivamente.

El *dominio de aplicaciones pretendidas, propuestas o intencionales* I , por su parte, constituye la clase de aquellos sistemas empíricos a los que uno desea aplicar el núcleo K . Ellos no pueden ser caracterizados por medios puramente formales. Para una mejor comprensión es necesario hacer referencia a dos características de dichas aplicaciones:

a) las aplicaciones pretendidas de una teoría T se individualizan y describen mediante el vocabulario previo a T , esto es, mediante el aparato conceptual T -no-teórico. Por tanto, las aplicaciones pretendidas que conforman la base empírica de la teoría, los “datos” de la teoría, ciertamente están cargados de teoría, pero no de la teoría para la que son datos, sino de otra previa o antecedente. Cada aplicación pretendida es entonces un determinado *modelo parcial*, por tanto, $I \subseteq M_{pp}$;

b) la selección de las aplicaciones, la determinación de I , contiene elementos pragmáticos ineliminables, pues tal determinación es esencialmente *intencional* y *paradigmática*. La determinación es intencional, porque lo que hace de un sistema específico que sea una aplicación pretendida es que sea un objeto intencional de los usuarios de la teoría, e.e. que la comunidad científica *tenga la intención* de aplicar las constricciones-leyes a tal sistema. Y es *paradigmática* debido a que el conjunto I no se caracteriza mediante una lista de todos los sistemas empíricos que son aplicaciones intencionales, sino *paradigmáticamente*, a través de sus semejanzas con las aplicaciones-tipo o típicas, y no por compartir un conjunto de condiciones necesarias y suficientes.

Algunos ejemplos de teorías científicas reales pueden ser de hecho reconstruidas mediante *un* elemento teórico. Sin embargo, esto es verdadero sólo para los tipos más simples de teorías con los que uno se pueda encontrar. A menudo, teorías individuales en el sentido intuitivo deben ser consideradas como agregados de varios (a veces de un gran número de) elementos teóricos. Estos agregados son llamados *redes teóricas*. Esto refleja el hecho de que muchas teorías poseen leyes de distintos grados de generalidad dentro del mismo marco conceptual. Una teoría no es un tipo de entidad democrática, sino, más bien, un sistema fuertemente jerárquico. La idea es que el conjunto de elementos teóricos represente la estructura (sincrónica) de una teoría en sus diferentes estratos, esto es, en sus diversos niveles de “especificidad”. Tal conjunto, partiendo de elementos muy generales, se va concretando progresivamente en diversas direcciones cada vez

más restrictivas y específicas, las “ramas” de la red teórica. La relación que se debe dar entre los elementos teóricos para considerar el conjunto una red es de “concreción” o “especificación” o, como se dice en terminología estructuralista, *de especialización*, que es una relación no-deductiva, reflexiva, antisimétrica y transitiva. La idea que hay tras esta relación es sencilla de precisar. Un elemento teórico T es especialización de otro T' si T impone constricciones o restricciones adicionales a las de T' . Por lo general, hay una única ley fundamental “en la cúspide” de la jerarquía – que conecta todos los términos o conceptos básicos de la teoría en una “gran” fórmula que la respectiva comunidad acepta como válida en todas las aplicaciones de la teoría y cuyo rol primario es proveer un marco para la formulación de otras leyes – y una serie de leyes más especiales – que se aplican a un dominio más restringido – (y condiciones de ligadura y vínculos) con distintos grados de especialización. Una especialización en la que se han especificado sus componentes por completo se denomina “especialización terminal”. Cada ley especial (usualmente asociada a una condición de ligadura correspondiente y a veces a un vínculo especial) determina un nuevo elemento teórico. Lo que mantiene junta a la serie total de leyes en la jerarquía es, en primer lugar, el marco conceptual común M_p ; en segundo lugar, la distinción común entre los niveles T -teórico y T -no-teórico; y, en tercero, el hecho de que todas ellas son especializaciones de la misma ley fundamental. Debido a que el núcleo K del elemento teórico más específico T se pretende aplicar sólo a algunas aplicaciones del más general T' , el dominio de aplicaciones intencionales I de T es menor que el de T' , estando incluido en él. Una *red teórica* es entonces un conjunto de elementos teóricos conectados mediante la relación de especialización (concreción, especificación). Un elemento teórico que no es especialización de ningún otro es denominado elemento teórico *básico*. Aunque puede haber en principio redes teóricas de muchas formas, en todos los casos reconstruidos hasta ahora la red ha resultado ser *arborea*, con un único elemento teórico básico en la cúspide, a partir del cual se especializan los restantes en diferentes direcciones, hasta llegar a las especializaciones terminales. En caso de que las especificaciones introducidas resulten ser las apropiadas, e.e. en caso de que los sistemas empíricos – formulados en el vocabulario no-teórico (anterior, previamente disponible o independiente) de la teoría – puede ser “extendido” o “completado” – mediante la adición de los términos T -teóricos, vía las restricciones, constricciones o especificaciones introducidas – hasta transformarse en un modelo completo (teórico) de la teoría en cuestión, satisfaciendo por tanto su(s) ley(es) fundamental(es), se dice que las aplicaciones intenciona-

les devienen “exitosas”. Mientras que en general es a través de las llamadas “aserciones (o afirmaciones) empíricas” asociadas a los distintos elementos teóricos que conforman una red teórica que se puede establecer una conexión entre este enfoque “semántico” o “modelo-teórico” y el enfoque clásico (“enunciativo” o “sintáctico”), son las “aserciones empíricas” asociadas a las leyes especiales *terminales* las que en todo caso pueden ser sometidas al análisis tradicional de la contrastación, y de la consiguiente evaluación, de hipótesis.

Las nociones estructuralistas presentadas podrían ponerse fácilmente en conexión con algunas de las ideas kuhnianas. Al hacerlo, además, dichas ideas obtendrían la precisión de la que, según sus detractores, tanto adolecían⁴. En primer lugar, gran parte de la noción sincrónica de paradigma-matriz disciplinar de Kuhn puede ser capturada y elucidada mediante la noción estructuralista de red teórica. Esto es válido, en particular, de dos de los componentes de los paradigmas-matrices disciplinares: las generalizaciones simbólicas y los ejemplares. Así, en segundo lugar, el concepto de ley fundamental precisa la noción de generalización simbólica de los paradigmas-matrices disciplinares de Kuhn. Mientras que, en tercer lugar, los “ejemplos paradigmáticos” o “ejemplares” son entendidos como aplicaciones exitosas consideradas paradigmáticas, e.e. aplicaciones exitosas que funcionan como

⁴ Kuhn mismo se da cuenta rápidamente de esta situación, llegando más tarde a afirmar no sólo que “[e]l parecido que ambos [Sneed 1971 y Stegmüller 1973] ven es auténtico, como queda suficientemente demostrado por el hecho de que Stegmüller, abordando mis trabajos a partir de Sneed, los ha entendido mejor que cualquier otro filósofo que se haya detenido en su análisis” (Kuhn, 1976, p. 179), y que “la discusión de Stegmüller de los paradigmas [en términos de la concepción estructuralista] me dio desde el comienzo un importante nuevo modo de mirar mi propio trabajo y ha continuado desde entonces influenciando el modo en que lo formulo” (Kuhn, 1992, p. 4), sino incluso que “[c]on respecto a la concepción semántica de las teorías [de las cuales la concepción estructuralista es una variante], mi posición se parece a la de M. Jourdain, el *burgués gentilhomme* de Molière, quien descubrió a mediana edad que había estado hablando en prosa toda su vida” (Kuhn, 1992, p. 3). Además de en la concepción general de las teorías, Kuhn reconoce la influencia en su pensamiento de la concepción estructuralista en relación con su intento de precisión del concepto de inconmensurabilidad (local); así, en un texto que reitera en dos notas al pie en trabajos distintos, señala que “muchas de las consideraciones que siguen (así como unas pocas de las introducidas más arriba) [referidas a ese pequeño subgrupo de términos en donde surgen problemas de traducción] fueron sugeridas por la contemplación de las técnicas desarrolladas por J.D. Sneed y Wolfgang Stegmüller para la formalización de las teorías físicas, especialmente por el modo de introducir términos teóricos” (Kuhn, 1989, pp. 17-18, n. 15; 1990, p. 316, n. 13).

aplicaciones o ejemplos-tipo o típicos para otros casos por los usuarios de la teoría en cuestión, contribuyendo a delimitar el conjunto de aplicaciones intencionales. De este modo, en cuarto y último, el proceso de resolución de problemas o “rompecabezas” puede ser descrito como aquel en el cual los usuarios de la teoría introducen restricciones o constricciones adicionales al núcleo teórico básico de una red teórica, en particular a la(s) ley(es) fundamental(es), de forma tal de obtener aplicaciones exitosas del núcleo, o sea, aserciones empíricas asociadas a las especializaciones terminales que “pasen la prueba de la experiencia”, es decir, que no sean refutadas, sean corroboradas (en terminología popperiana) o confirmadas (en terminología carnapiana) o, en definitiva, sean aceptadas por los usuarios de la teoría, miembros de la correspondiente comunidad científica.

4 EL ANÁLISIS ESTRUCTURALISTA DE LA BIOQUÍMICA METABÓLICA

Ahora se está en condiciones de abordar el objetivo planteado en este trabajo. Los ejemplos presentados están emparentados entre sí por ser especializaciones terminales de una misma ley fundamental, la ley de la bioquímica metabólica⁵. Aunque no es el objetivo de éste trabajo hacer una reconstrucción de la teoría en cuestión (ver Donolo, Federico & Lorenzano, 2006), se hace necesario apelar a ella, ya que será útil para desarrollar el tema del que nos ocupamos aquí.

Analizando los “ejemplos paradigmáticos” o “ejemplares” es posible observar que en ellos se presentan todos los componentes de la teoría bioquímica metabólica. Aquí cabe preguntarse cuáles son dichos componentes. Para ello, recordemos que los “ejemplares” son, en primer lugar, elementos del conjunto *I* de *aplicaciones intencionales*, o sea, sistemas empíricos que aparecen formulados mediante los *conceptos no-teóricos* de la teoría. Los componentes que podrían postularse como bioquímico-no-teóricos son: las *sustancias químicas*, que pueden ser orgánicas o inorgánicas; el conjunto de *fórmulas químicas*, que permite distinguir cantidad y tipo de los distintos elementos químicos que forman las sustancias; los *reactivos*, que son aquellas sustancias que se transforman en productos en el transcurso de una reacción de biotransformación; los *productos*, que son las sustancias

⁵ Algo similar ocurre con la gran variedad de ejemplares heterogéneos presentes en los libros de texto de genética clásica, según puede verse en Lorenzano (2005).

obtenidas al final de una reacción; la cantidad de sustancia; las reacciones químicas que ocurren en un ser vivo, es decir, las **biotransformaciones**, el **tiempo** en que transcurre la reacción; su **velocidad**⁶; y la relación de **unión química** que permite formar moléculas a partir de elementos químicos. Todos estos términos pueden ser determinados independientemente de la bioquímica. Aunque se dan en organismos vivos, teniendo suficientes conocimientos de química, se pueden entender, por ejemplo, las reacciones de biotransformación, sin necesidad de tener conocimiento de la ley fundamental de la bioquímica; lo mismo ocurre con los restantes conceptos.

Así, **los distintos “ejemplares”** coinciden en que todos ellos **tratan de biotransformaciones, donde una cierta cantidad de algunas sustancias químicas, orgánicas o inorgánicas, llamadas reactivos, se transforman en otra u otras, llamadas productos, en un tiempo dado y con una velocidad dada.** Por lo tanto, los miembros de I (Bioquímica) $\subseteq M_{pp}$ (Bioquímica) – a los que uno desea aplicar la ley fundamental de la bioquímica – son en principio sistemas empíricos en donde ciertas sustancias químicas se transforman en otras.

Pero para capturar los “ejemplos paradigmáticos” presentados del tipo de los que aparecen en los libros textos de bioquímica esta caracterización es insuficiente, pues en éstos suelen aparecer otros términos cuyas extensiones no pueden ser determinadas mediante teorías distintas de la bioquímica metabólica, tales como la química.

Por lo tanto, para acercarse a esta noción es necesario agregar a los términos bioquímico-no-teóricos, los **términos bioquímico-teóricos**, aquellos cuya extensión no puede determinarse independientemente de la teoría bioquímica metabólica. Este es el caso de las sustancias químicas llamadas “**enzimas**”, que permiten que las reacciones de biotransformación ocurran en las condiciones intracelulares; de las **coenzimas**, que estabilizan las enzimas y las asisten en el transcurso de la biotransformación; de los **reguladores, moduladores o inhibidores**, que aceleran o inhiben la reacción, y de la **constante de equilibrio K** , que caracteriza la afinidad de una enzima por su reactivo.

Específicamente, se asume que una sustancia química es una enzima si sólo en su presencia se produce una reacción metabólica, ya que si, p. e., entran en contacto una molécula de ARN o una proteína sin acción catalítica con algún reactivo no generarán un cambio metabólico. A su vez, si una sustancia química actúa como regulador, modulador o inhibidor, sólo

⁶ De ciertos catalizadores químicos, sustancias que incrementan la velocidad de reacción, sin las propiedades ni la especificidad que poseen las enzimas, no se ocupa la bioquímica.

lo hará en presencia de una enzima. Si no hay una enzima, es difícil saber *a priori* si una sustancia es un modulador, un regulador o un inhibidor. Por último, si bien la constante de equilibrio K está íntimamente relacionada con la relación de unión química (término bioquímico-no-teórico), pues el valor que toma K en los números reales expresa la tendencia que tiene una enzima para unirse con un reactivo o sustrato, como K caracteriza lo que en terminología bioquímica se conoce como “afinidad” de una enzima por un particular sustrato, K tampoco puede detectarse independientemente de la presencia de una enzima en una biotransformación.

Lo que hasta ahora tenemos son los modelos potenciales M_p de la teoría bioquímica metabólica, o sea, el marco conceptual de dicha teoría – sus dominios, relaciones y funciones.

Sin embargo, para capturar en toda su complejidad la noción kuhniiana de “ejemplo paradigmático” o “ejemplar”, y a su vez la totalidad de ejemplares aquí descriptos, hace falta expresar *la ley fundamental* – la generalización simbólica – *de la bioquímica*, que aparecerá adaptada en distintas formas simbólicas específicas en cada uno de éstos. La manera de hacerlo es por medio de la noción estructuralista de modelo actual M , pues sólo serán modelos para esta teoría aquellos que satisfacen la totalidad de las condiciones introducidas, es decir, que, además de venir formulados en el marco conceptual de la bioquímica metabólica, satisfacen su ley fundamental, la “*ley del metabolismo*”.

Dicha ley, que, como ya fue señalado en otro lado (Lorenzano, 2002a; Donolo, Federico & Lorenzano, 2006), y a semejanza de lo que ocurre en el caso de la genética clásica (Lorenzano, 2002b), se encuentra sólo de manera implícita en los libros de texto⁷, establece lo siguiente:

Para cualquier biotransformación, de uno o más reactivos en uno o más productos, cuando está presente una enzima específica y en ocasiones una coenzima y/o un regulador, modulador o inhibidor en contacto con ella, se producirá un cambio metabólico.

Para completar el tratamiento de los componentes del núcleo teórico K de la bioquímica metabólica y tener reconstruido el elemento teórico básico T de la bioquímica metabólica, nos faltan explicitar las condiciones de ligadura C y los vínculos interteóricos L . Aquí, sin embargo, no nos extenderemos al respecto, debido cuestiones de espacio. A pesar de lo cual,

⁷ Para una discusión mayor acerca de la existencia de leyes en ciencias biológicas, ver Lorenzano (2006, 2007).

mencionaremos algo respecto de los últimos que ya se vislumbra en lo expuesto: los vínculos existentes entre la bioquímica metabólica y la química, tanto orgánica como inorgánica.

5 EJEMPLARES Y ESPECIALIZACIONES DE LA RED TEÓRICA BIOQUÍMICA

Los “ejemplares”, como ya se mencionó antes, pueden ser considerados como especializaciones terminales que dan lugar a aplicaciones exitosas del núcleo teórico. En su trabajo de investigación, los bioquímicos tienen que dotar de contenido a cada uno de los componentes que aparecen en la ley fundamental del metabolismo para, por ejemplo, poder realizar predicciones acerca del funcionamiento de distintos sistemas empíricos; para “dotar de contenido” a la ley fundamental se introducen distintos tipos de restricciones o constricciones adicionales a ella.

Presentaremos a continuación una serie de restricciones, de un cierto tipo y en un cierto orden, que permiten alcanzar una especialización terminal, donde podamos reconocer aquellos presentados como “ejemplos paradigmáticos” en los capítulos de enzimología de libros de texto de bioquímica⁸.

Existen distintos modos de especializar dicha teoría. En nuestra propuesta, las especializaciones consisten en la introducción de las siguientes restricciones:

- 1) del tipo de sustancia química de las enzimas (ARN, proteína o ambas);
- 2) de la presencia de un sitio activo o de la presencia de más de uno (p.e., sitio de unión alostérico), reflejo de las características cinéticas (Michaelis-Menten o alostérica);
- 3) de la utilización o no de coenzimas;

⁸ Debido a que en los tres “ejemplares” presentados las enzimas poseen cinética Michaelis-Menten, no se mencionan en el cuerpo del texto las restricciones susceptibles de ser introducidas para las enzimas alostéricas, dando lugar a una línea de especialización distinta, a partir del segundo tipo de restricción. Éstas, sin embargo, serían las siguientes. Un tipo de restricción que se aplica a las enzimas alostéricas (que actúan con y sin coenzima) permite caracterizarlas según el tipo de modulador que regula su actividad catalítica. Además, a las enzimas alostéricas que actúan con coenzima pueden unírseles dos tipos de moduladores: aquellos que son reactivos y que a la vez actúan como reguladores, y aquellos en que los reguladores son distintos al reactivo; a los primeros se los llama moduladores homotrópicos y a los segundos, heterotrópicos (Blanco, 2005, p. 139). (Por otro lado, no se han descrito sistemas en los que las enzimas alostéricas que actúan sin coenzima se unan a reguladores).

- 4) del tipo de biotransformación que catalizan las enzimas Michaelis-Menten;
- 5) del tipo de regulación (reversible o irreversible) a la cual están sometidas las enzimas Michaelis-Menten;
- 6) del tipo de inhibidor reversible al cual están sometidas las enzimas Michaelis-Menten.

Una especialización en la que los cinco – en el caso de regulación reversible – o seis – en el caso de regulación irreversible – tipos de especificación hayan sido realizados totalmente se denomina, como se mencionó, “especialización terminal”.

El primer tipo de restricciones impuesta a la ley fundamental tiene en cuenta el tipo de sustancia química que constituye a las enzimas. Esto permite diferenciar a las enzimas según estén químicamente formadas por: ácido ribonucleico (ARN) (llamadas “ribozimas”), por proteínas o por asociaciones entre ARN y proteínas (llamadas “riboproteínas”).

El segundo tipo de restricciones caracteriza a las enzimas (ribozimas y proteínas) según su comportamiento cinético – velocidad de catálisis en función de la cantidad de reactivo. El comportamiento cinético permite diferenciar a las enzimas en dos grupos, según el tipo de interacción de la enzima con el reactivo: las de cinética de Michaelis-Menten y las de cinética alostérica. Las primeras tienen sólo el sitio activo y las segundas, que son más complejas estructural y funcionalmente, poseen dos sitios de unión: el sitio activo y el sitio alostérico.

El tercer tipo de restricciones caracteriza a las enzimas proteicas o ribozimas, tanto con cinética Michaelis-Menten como con cinética alostérica, de acuerdo con la necesidad o no de uso de coenzimas en las reacciones catalíticas⁹.

El cuarto tipo de restricciones se aplica a las enzimas con cinética de Michaelis-Menten (que actúan con y sin coenzima) y permite caracterizarlas de acuerdo con el tipo de reacción química que catalizan, teniendo en cuenta la propuesta de la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular. Las enzimas proteicas que actúan con coenzima en los sistemas biológicos pueden actuar como hidrolasas, liasas, isomerasas, transferasas, oxidorreductasas y sintetetasas. Mientras que aquellas que lo hacen sin coen-

⁹ En el caso de las riboproteínas, las restricciones por el tipo de cinética, o por si usan o no coenzima para ejercer su acción catalítica, no han sido aún volcadas en los libros de texto, aunque sí en artículos (Billi, 2002).

zima sólo actúan como hidrolasas o como liasas. Brevemente, las enzimas con actividad catalítica hidrolasa catalizan la hidrólisis del reactivo utilizando agua. Las que tienen actividad catalítica liasa catalizan la ruptura de la molécula de reactivo por un mecanismo distinto de la hidrólisis¹⁰. Las isomerasas catalizan la interconversión de isómeros de cualquier tipo, ópticos, geométricos o de posición¹¹. Las transferasas catalizan la transferencia de un grupo de átomos de un reactivo considerado donante a otro reactivo considerado aceptor¹². Las oxidorreductasas catalizan reacciones de oxidoreducción en las que uno o más átomos ceden electrones a uno o más átomos que lo aceptan. Las sintetetasas catalizan la unión de dos reactivos para formar un producto más complejo que los reactivos que los originaron, utilizando la energía producida por el adenosín trifosfato (Blanco, 2005, p. 127)¹³.

El quinto tipo de restricciones caracteriza a las enzimas proteicas con cinética Michaelis-Menten que actúan con coenzima y que catalizan distintas biotransformaciones (hidrolasa, isomerasa, transferasa, etc.), según el tipo de regulación a la cual están sometidas. Existen sustancias químicas

¹⁰ Las liasas son enzimas que rompen uniones C-C, C-O, C-N y otros enlaces de manera distinta a la hidrólisis o a la oxidación y se diferencian de otras enzimas en que en un sentido de la reacción involucran dos sustratos y en la reacción inversa solamente uno (debido a la ausencia de otro sustrato, como sería el agua). Al eliminar un grupo de átomos, pueden producir dobles ligaduras en la molécula. Cuando la reacción inversa (incorporación de un grupo) es la más importante, se utiliza la denominación “sintasa” y no “sintetasa” que se utiliza para otro grupo de enzimas (IUBMB, 2007).

¹¹ Los isómeros son sustancias diferentes con la misma fórmula molecular, con igual número y clase de átomos, pero unidos entre sí de manera distinta (Blanco, 2005, p. 22).

¹² Los grupos de átomos transferidos pueden ser aminas, carboxilos, carbonilos, metilos, acilos, glicosilos y fosforilos (Blanco, 2005, p. 127).

¹³ Cuando ocurre una reacción enzimática donde participa una sintetetasa, ésta acopla a la reacción la ruptura de un enlace de alta energía de la molécula de adenosín trifosfato (ATP) (IUBMB, 2007). En realidad, las sintetetasas tienen actividad catalítica sobre tres reactivos, donde uno de ellos es el ATP, pero la reacción no se produce al mismo tiempo, es decir, sigue siendo una reacción de segundo orden, dado que la catálisis se hace en dos pasos con dos reactivos cada vez. Por ejemplo, en el caso de la aminoacil-tARN sintetetasa, el primer paso es la unión de la enzima al ATP con la formación de un compuesto intermediario llamado aminoacil-AMP. La aminoacil-tARN sintetetasa utiliza la energía generada por la hidrólisis de ATP para activar el aminoácido, formando el aminoacil-AMP. En el segundo paso, el aminoácido se transfiere al ARNt apropiado y se enlaza de manera covalente al OH 2' o a OH 3' del terminal invariante de la adenosina 3' de la molécula del ARNt. La energía en el aminoacil-AMP se utiliza para transferir el aminoácido al ARNt que forma aminoacil-ARNt (Stryer, 1988, p. 880).

que regulan la acción catalítica, disminuyendo o anulando su actividad, es decir, que inhiben la acción catalítica de la enzima. La inhibición puede ser de dos tipos: *irreversible* o *reversible*. Los inhibidores irreversibles son aquellos que producen modificaciones permanentes en la enzima y por lo tanto resultan en el deterioro definitivo de su capacidad catalítica¹⁴. En el caso de los inhibidores reversibles, la enzima se mantiene funcional.

En relación con estos inhibidores, se agrega un sexto tipo de restricciones, que permite identificar distintos tipos de inhibidores reversibles: los inhibidores competitivos y los no competitivos. Los inhibidores competitivos se identifican por mantener la velocidad de catálisis máxima, en condiciones especiales de reactivo en exceso. En este tipo de inhibición, el reactivo y el inhibidor compiten por el sitio activo de la enzima y esto se refleja en un cambio en la constante de equilibrio K de la enzima. En la inhibición no competitiva, el inhibidor se une a la enzima en un lugar distinto al sitio activo. En este caso, la unión de la enzima con el reactivo no se ve afectada y el inhibidor se une o con la enzima libre o con la enzima unida al reactivo. Por lo tanto, la constante de equilibrio K no se modifica, porque la enzima se une con el reactivo como si no estuviera el inhibidor, pero la velocidad de reacción disminuye, pues se reduce la cantidad de producto formado (Blanco, 2005, p. 137).

Ahora estamos en condiciones de realizar un análisis más preciso de los “ejemplos paradigmáticos” o “ejemplares” que presentamos, pues pueden ser capturados teniendo en cuenta las sucesivas constricciones que se van introduciendo a la ley fundamental de la bioquímica metabólica, de manera tal de obtener las distintas “formas específicas” que adopta la “generalización simbólica” o, en terminología estructuralista, las distintas “especializaciones terminales” a partir de la ley fundamental.

Recordemos que el primer “ejemplar” presentado previamente, que figura en ambos libros de texto analizados, es aquel en el cual la enzima succinato deshidrogenada es inhibida competitivamente por malonato. Este “ejemplar” es capturado en una línea de especialización introduciendo las siguientes restricciones o especificaciones sucesivas. En relación con el

¹⁴ La inhibición de la actividad enzimática no es total; en pruebas *in vitro* se observa que, cuando el intervalo temporal $[t_0, t_1]$ tiende a infinito, se forma producto; pero esto no sucede *in vivo*, porque las reacciones metabólicas en los seres vivos ocurren en tiempos cortos; de esta manera, una reacción cuyo intervalo temporal $[t_0, t_1]$ tiende a infinito no ocurre en un sistema vivo.

primer tipo de restricción, la enzima es proteica. Con relación al segundo tipo, la enzima presenta cinética Michaelis-Menten, es decir, tiene únicamente sitio activo. Respecto del tercer tipo, se trata de una enzima que requiere de coenzima para actuar. En relación con el cuarto tipo, es una enzima que tiene actividad catalítica de oxidorreductasa, es decir, que cataliza la biotransformación de oxidorreducción. Con respecto al quinto y sexto tipo de restricciones, la enzima puede ser inhibida en forma reversible por inhibidores de tipo competitivo.

El segundo “ejemplar” de los dos libros de texto analizados, presentado más arriba, es aquel en el cual la enzima acetilcolinesterasa se inhibe irreversiblemente por el gas tóxico DIPF. Este “ejemplar” es capturado en otra línea de especialización por medio de la introducción de las siguientes restricciones. En relación con el primer tipo de constricciones, la enzima es proteica. Con relación al segundo tipo, la enzima presenta cinética Michaelis-Menten. Respecto del tercer tipo de restricciones, se trata de una enzima que no requiere de coenzima para actuar. En relación con el cuarto tipo, es una enzima que tiene actividad catalítica de hidrolasa, es decir, que cataliza la biotransformación de hidrólisis. Con relación al quinto tipo de restricciones, la enzima puede ser inhibida en forma irreversible. A diferencia del caso anterior, en donde se llevan a cabo todos los posibles tipos de restricciones para llegar al “ejemplar”, en número de seis, en este caso arribamos a la especialización terminal con sólo cinco tipos de restricciones de la ley fundamental.

El tercer y último “ejemplar”, presentado en Blanco (2005, p. 137) y no en Stryer (1988), es el de las enzimas citocromos, catalasas y peroxidasas inhibidas reversiblemente de manera no competitiva por cianuro. En relación con el primer tipo de restricción, las enzimas son proteicas. Con relación al segundo tipo, las enzimas presentan cinética Michaelis-Menten. Respecto del tercer tipo de restricción, se trata de enzimas que requieren de coenzimas para actuar. En relación con el cuarto tipo de restricción, son enzimas que tienen actividad catalítica oxidorreductasa, es decir, que catalizan la biotransformación de oxidorreducción. Con relación al quinto y sexto tipo de restricciones, las enzimas pueden ser inhibidas en forma reversible por inhibidores de tipo no competitivo.

6 CONCLUSIÓN

En el transcurso de este artículo se demostró que es posible capturar la noción kuhniana de “ejemplo paradigmático” o “ejemplar” por medio de

las nociones estructuralistas de *especialización*, en particular *especialización terminal*, y de *aplicación exitosa*, y se presentaron ejemplos de ellas. Aunque, por cuestiones de espacio, no se capturaron todas las *especializaciones terminales* y *aplicaciones exitosas* presentadas en los libros analizados, mostramos cuál es el procedimiento general de obtención de “ejemplares”, tomando en cuenta lo que figura en los capítulos de dichos libros dedicados a la enzimología.

Aquellos “ejemplares” que se presentan en los libros de textos de bioquímica se pueden interpretar como las *aplicaciones exitosas* de las *especializaciones terminales* de la bioquímica metabólica – aplicaciones del núcleo que han tenido éxito en la explicación de un fenómeno bioquímico particular dado. De este modo, los distintos “ejemplares”, o las distintas *aplicaciones exitosas*, de una teoría que aparecen en los libros de texto de forma desarticulada pueden ser a su vez unificadas por la noción estructuralista de *red teórica*.

Por otro lado, este análisis nos permite distinguir cuáles líneas de especialización no presentan “ejemplos paradigmáticos” en los libros de texto de bioquímica en el capítulo de enzimología, a saber: las relacionadas con las ribozimas, con las riboproteínas y con las enzimas alostéricas.

Por último, en este artículo se esboza el anhelo de que el análisis *metateórico estructuralista* pueda generar un mayor aporte en la didáctica de la ciencia. Partiendo del análisis de teorías tal como se presentan en libros de texto del tipo de *Química biológica* (Blanco, 2005) y *Bioquímica* (Stryer, 1988), el *estructuralismo* es una herramienta útil para analizar *qué cosas contienen* y *cómo se estructuran sus contenidos*, componentes fundamentales a la hora de profundizar en las cuestiones relacionadas con la formación de las nuevas generaciones de bioquímicos y biólogos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALZER, Wolfgang. Empirische *Geometrie und Raum-Zeit-Theorie in mengentheoretischer Darstellung* Kronberg: Scriptor, 1978.
- . *Empirische Theorien: Modelle, Strukturen, Beispiele*. Braunschweig: Vieweg, 1982.
- . *Theorie und Messung* Berlin: Springer, 1985.
- . *Teorías empíricas: modelos, estructuras y ejemplos* [1982]. Trad. con modificaciones de Agustín González Ruiz. Madrid: Alianza, 1997.
- BALZER, Wolfgang; MOULINES, C. Ulises (eds.). *Structuralist theory of science: focal issues, new results*. Berlin: de Gruyter, 1996.

- BALZER, Wolfgang; MOULINES, C. Ulises; SNEED, Joseph D. *An architecture for science. The structuralist program*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- . (eds.). *Structuralist knowledge representation: paradigmatic examples*. Amsterdam: Rodopi, 2000.
- BILLI, Silvia. Ribozimas: resabios del mundo primitivo. *Revista Electrónica de Ciencias Química Viva* **1**(1), 2002. Disponible en: <<http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar>>. Acceso en: agosto 2006.
- BLANCO, Antonio. *Química biológica*. Buenos Aires: El Ateneo, 2005.
- DIEDERICH, Werner; IBARRA, Andoni & MORMANN, Thomas. Bibliography of structuralism I. *Erkenntnis* **30**: 387-407, 1989.
- . Bibliography of structuralism II. *Erkenntnis* **41**: 403-418, 1994.
- DIEZ, José Antonio & LORENZANO, Pablo. La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX. Pp. 13-78, *en*: DÍEZ, José Antonio; LORENZANO, Pablo (eds.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmas; Universidad Autónoma de Zacatecas; Universidad Rovira i Virgili, 2002 (a).
- . (eds.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmas; Universidad Autónoma de Zacatecas; Universidad Rovira i Virgili, 2002 (b).
- DONOLO, Ana; FEDERICO, Lucía; LORENZANO, Pablo. Nuevo intento de reconstrucción estructuralista de la bioquímica. *Epistemología e Historia de la Ciencia* **12**: 218-226, 2006.
- ERNST, Gerhard; NIEBERGALL, Karl-Georg (eds.). *Philosophie der Wissenschaft – Wissenschaft der Philosophie. Festschrift für C. Ulises Moulines zum 60. Geburtstag*. Paderborn: Mentis-Verlag, 2006.
- FLECK, Ludwik. *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Basel: Benno Schwabe & Co., 1935.
- IUBMB. INTERNATIONAL UNION OF BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY. Disponible en: <<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb>> Acceso en: 20 Julio 2007.
- KUHN, Thomas Samuel. *The structure of scientific revolutions*. 2. ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- . The essential tension: Tradition and innovation in scientific research. Pp. 225-239, *in*: KUHN, Thomas Samuel. *The essential tension. Selected studies in scientific tradition and change*. Chicago: University of Chicago Press, 1977.

- . Theory change as structure change: comments on the Sneed formalism. *Erkenntnis* **10**: 179-99, 1976.
- . Possible worlds in history of science. Pp. 9-32, *in*: ALLÉN, Sture (ed.). *Possible worlds in humanities, arts, and sciences*. Berlin: de Gruyter, 1989.
- . Dubbing and redubbing: The vulnerability of rigid designation. Pp. 289-318, *in*: SAVAGE, C.Wade (ed.). *Scientific theories*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1990.
- . Introduction to Presidential Address. Vol. 2, pp. 3-5, *in*: HULL, David; FORBES, Micky; OKRUHLICK, Kathleen (eds.). *PSA 1992*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1992. 2 vols.
- LITWIN, Edith. *Las configuraciones didácticas. Una nueva agenda para la enseñanza superior*. Buenos Aires: Paidós Educador, 1997.
- LORENZANO, César. Una reconstrucción estructural de la bioquímica. Pp. 208–230, *en*: DÍEZ, José Antonio; LORENZANO, Pablo (eds.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmas; Universidad Autónoma de Zacatecas; Universidad Rovira i Virgili, 2002 (a).
- LORENZANO, Pablo. La teoría del gen y la red teórica de la genética. Pp. 263–303, *en*: DÍEZ, José Antonio; LORENZANO, Pablo (eds.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmas; Universidad Autónoma de Zacatecas; Universidad Rovira i Virgili, 2002 (b).
- . Ejemplares, modelos y principios en la genética clásica. *Scientiae Studia. Revista Latino Americana de Filosofía e História da Ciência* **3** (2): 185-203, 2005.
- . Fundamental laws and laws of biology. Pp. 129-155, *in*: ERNST, Gerhard; NIEBERGALL, Karl-Georg (eds.). *Philosophie der Wissenschaft – Wissenschaft der Philosophie. Festschrift für C. Ulises Moulines zum 60. Geburtstag*. Paderborn: Mentis-Verlag, 2006.
- . The influence of genetics on philosophy of science: classical genetics and the structuralist view of theories. Pp. 99-115, *in*: FAGOT-LARGEAULT, Anne, TORRES, Juan Manuel; RAHMAN, Shahid (eds.). *The influence of genetics on contemporary thinking*. Dordrecht: Springer, 2007.
- MOULINES, C. Ulises. *Zur logischen Rekonstruktion der Thermodynamik. Eine wissenschafts-theoretische Analyse*. Munich: Universidad de Munich, 1975.
- . *Exploraciones metacientíficas*. Madrid: Alianza, 1982.
- . *Pluralidad y recursión*. Madrid: Alianza, 1991.

- SNEED, Joseph D. *The logical structure of mathematical physics*. Dordrecht: Reidel, 1971.
- STEGMÜLLER, Wolfgang. *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*. Heidelberg: Springer, 1973.
- . *The structuralist view of theories*. New York: Springer, 1979.
- . *La concepción estructuralista de las teorías* [1979]. Trad. de José Luis Zoffo Ferrer. Madrid: Alianza, 1981.
- . *Estructura y dinámica de teorías* [1973]. Trad. de C. Ulises Moulines. Barcelona: Ariel, 1983.
- STRYER, Lubert. *Bioquímica*. Madrid: Reverté, 1988.

Thomas Hunt Morgan e seu novo ponto de vista sobre a determinação de sexo (1909-1913)

Ana Paula Oliveira Pereira de Moraes Brito*

1 INTRODUÇÃO

No final do século XIX e início do século XX, a determinação de sexo era um assunto que interessava bastante à comunidade científica. Diversos autores trataram da questão produzindo grande quantidade de artigos entre 1890 e 1910. Alguns defendiam que os fatores determinantes do sexo eram externos (ambientais, qualidade e quantidade da nutrição da mãe). Outros apelavam para determinantes internos pré-formados ou algum tipo de controle epigenético que se manifestaria durante o desenvolvimento do embrião, cuja localização podia ser nuclear ou citoplasmática. Dentre os adeptos da idéia de que o sexo era determinado por fatores externos estavam o zoólogo alemão Hermann Landois (1835-1905), que havia estudado a lagarta *Vanessa* e o embriologista Gustav Born (1850-1900), que chegara à conclusão de que sapos fartamente nutridas geravam mais fêmeas. Já Lucien Cuénot (1866-1951), a partir de evidências encontradas em estudos com insetos e anfíbios, considerava que os fatores externos não influíam na determinação de sexo, que estaria relacionada a fatores internos (Maienschein, 1984, pp. 457-480).

Dentro da alternativa que admitia que o sexo fosse determinado por fatores internos podia ser oferecida uma interpretação cromossômica, conforme sugeriu Erwin Clarence McClung (1870-1946). Ele relacionou a determinação do sexo masculino em insetos hemípteros (*Pyrrhonorhis*) ao cromossomo X (Martins, 1999, p. 235). Entretanto, os estudos citológicos

* Doutoranda do Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP); bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES). E-mail: paulambrito@ig.com.br

e embriológicos da época traziam sérias dúvidas acerca da possibilidade de que a determinação do sexo ou mesmo a herança de um modo geral, estivessem vinculadas aos cromossomos ou ao núcleo celular. Por outro lado, havia fenômenos que não podiam ser explicados pelos princípios mendelianos. Apesar disso, surgiram várias teorias que procuravam explicar a determinação de sexo com base nos princípios de Mendel e/ou cromossomos.

Entre 1905 e 1912, Edmund Beecher Wilson (1856-1939) e Nettie Maria Stevens (1861-1912) realizaram vários estudos citológicos (cujas observações nem sempre eram simples) sobre a gametogênese de insetos de várias ordens. Estes estudos apontaram para a existência de uma grande variedade de modelos de determinação sexual. Em alguns casos o macho era heterozigoto para o sexo e a fêmea homozigota. Havia casos em que o macho possuía um cromossomo sexual ímpar. Algumas espécies apresentavam vários pares de cromossomos sexuais (Martins, 1997, cap. 4; Brito, 2004, p. 11).

O objetivo deste artigo é discutir os fatores que contribuíram para a mudança de posição de Thomas Hunt Morgan (1866-1945) sobre a determinação do sexo, entre 1910-1911 e 1913.

2 A SITUAÇÃO ATÉ 1910-1911

Em torno de 1903, Thomas Hunt Morgan, que iniciara sua carreira como embriologista, desenvolveu um estudo sobre a determinação de sexo, em colaboração com Nettie Maria Stevens (1861-1912). Coube a Morgan a realização de cruzamentos experimentais procurando averiguar a influência da alimentação na determinação de sexo de alguns insetos e a Stevens a análise citológica e o papel do cromossomo acessório (Brito, 2004, p. 27).

A partir das evidências obtidas, Morgan acreditou inicialmente que a determinação de sexo estava relacionada a fatores internos: elementos contidos no citoplasma (Morgan, 1903, pp. 97-116). Não atribuiu muita importância aos fatores externos, exceto no caso de algumas formas partenogênicas¹ como nos insetos afídeos² e no protozoário *Hydatina senta*.

¹ Em seus estudos Morgan, assim como outros biólogos da época, investigou alguns organismos (principalmente insetos) que se desenvolviam pelo processo de partenogênese, ou seja, a partir de óvulos não fertilizados. Esses óvulos, conforme ele explicou, eram produzidos nos ovários das fêmeas do mesmo modo que os óvulos normais. Além disso, durante a gametogênese eles produziam glóbulos polares. Entretanto, a maioria deles não passava

Nessa época Morgan fazia várias restrições à teoria mendeliana, sendo que uma delas era que a mesma não explicava a proporção 1:1 relacionada à característica sexo (Martins & Brito, 2006, p. 182). Em 1905, ao estudar *Phylloxera*³, um grupo de insetos que apresentavam alternância de geração sexuada e assexuada, percebeu que tanto nos ovos⁴ partenogenéticos grandes (que produziam fêmeas) quanto nos pequenos (que produziam machos), o número de cromossomos era o mesmo. Embora não houvesse encontrado diferenças qualitativas entre o citoplasma desses dois tipos de ovos, a partir da utilização de diferentes corantes, somente considerando os aspectos quantitativos (ovos maiores continham maior quantidade de citoplasma e menor quantidade de citoplasma) concluiu que a determinação de sexo era um fenômeno citoplasmático. Além disso, em duas espécies muito próximas de *Phylloxera* observou um número cromossômico bastante diferente (12 e 22 respectivamente) (Morgan, 1905, p. 201; Martins & Brito, 2006, p. 182), o que provavelmente o levou a crer que os cromossomos não teriam um papel relevante na determinação do sexo.

Dando prosseguimento a seus estudos com insetos partenogenéticos, em 1907, continuou admitindo que a determinação sexual estivesse ligada a fatores internos. Porém, considerou a possibilidade de que pudesse seguir os padrões mendelianos, o que negava antes. Apesar disso, aceitava que nos afídeos a mudança do modo partenogenético de reprodução para o modo sexual pudesse estar relacionada a mudanças ambientais (Morgan, 1907a, p. 382; Morfan, 1908). Porém, nesse mesmo ano, em seu livro *Experimental Zoology*, admitiu que os fatores internos da determinação sexual não estavam relacionados aos cromossomos (Morgan, 1907b, p. 77)

pelo processo de sinapse e conservava o número cromossômico (Morgan, 1913c, p. 174).

² Insetos considerados atualmente como pertencentes à ordem Hemiptera e que se alimentam da seiva das plantas. Há cerca de 4000 espécies, que vivem em regiões de clima temperado no hemisfério norte.

³ Insetos considerados atualmente como pertencentes à uma pequena família da subordem Homoptera. Alimentam-se da seiva das parreiras e carvalhos.

⁴ Morgan empregava a mesma terminologia para se referir ao óvulo (não fecundado) e ao ovo (fecundado). Em ambos os casos, utilizava a palavra “egg”. Neste artigo seguiremos a mesma terminologia adotada por Morgan quando mencionarmos suas contribuições. Porém, quando nos referirmos à geração assexuada das formas partenogenéticas “ovo” será denominado “óvulo não fecundado” e, para as formas sexuadas, “zigoto” (óvulo fecundado pelo espermatozóide).

Nessa época Morgan não aceitava as evidências trazidas por Theodor Heinrich Boveri (1862-1915) em relação à individualidade dos cromossomos. Em relação a este aspecto, Morgan escreveu para o amigo Hans Adolf Eduard Driesch (1867-1941):

Eu estou feliz que você vai examinar o experimento de Boveri. Eu sempre desconfiei dele, mas até que ele seja esclarecido, o pessoal dos cromossomos o achará convincente. (Morgan, correspondência de 1906, *apud*, Allen, 1981, p. 139)

Segundo Garland E. Allen, Morgan apenas fingiu testar os resultados de Boveri (Allen, 1981, p. 139).

Em 1909, Morgan continuou considerando que a determinação sexual das fêmeas sexuadas e partenogenéticas de *Phylloxera* não tinha qualquer relação com os cromossomos e que o citoplasma teria uma maior relevância para o processo. Em estudos subseqüentes sobre as diversas formas de *Phylloxera*, encontrou evidências de que o sexo era herdado quantitativamente, ou seja, através da quantidade de cromatina contida em vários cromossomos, não dependendo, portanto, de nenhum cromossomo em especial (Morgan, 1909a, p. 234).

No decorrer do tempo, passou a admitir que os cromossomos poderiam ter uma participação no processo, mas não como seus principais agentes. Embora considerasse a possibilidade de que a determinação do sexo pudesse depender da quantidade de cromatina existente nos diversos cromossomos (herança quantitativa), continuou sendo favorável à epigênese. Nessa época ele acreditava que o sexo estaria relacionado ao número de cromossomos sexuais. Entretanto, como esses cromossomos não eram qualitativamente diferentes, o sexo não poderia ser tratado em termos de fatores mendelianos. Como a separação e a distribuição dos cromossomos sexuais seriam determinadas por mecanismos que estavam fora dos cromossomos, era o citoplasma que determinava o sexo (Morgan, 1909b, Martins, 1997, cap. 4, pp. 4.121-4.122).

O biólogo norte-americano era contrário às diferentes interpretações oferecidas pelos mendelianos como a de William Castle (1914-1977), William Bateson (1861-1925) e Reginald Crundall Punnett (1875-1967) ou mesmo a de Edmund Beecher Wilson (1856-1939), que era o chefe de seu departamento na Universidade de Columbia (Morgan, 1909b, pp. 239-355).

Morgan publicou diversos artigos combatendo as teorias mendeliana e cromossômica (Morgan, 1909c, por exemplo) seguidos do artigo sobre a

Drosophila de olhos brancos em *Science* (Morgan, 1910b) onde admitia que a herança podia seguir padrões mendelianos.

Antes de publicar o artigo sobre a *Drosophila* de olhos brancos ele não acreditava que os cromossomos fossem os responsáveis pelo processo de desenvolvimento: “É perigoso e insensato reduzir o problema de hereditariedade e desenvolvimento a um único elemento na célula” (Morgan, 1910a, p. 452). Além disso, fazia objeções às teorias que envolviam partículas, como a cromossômica, sendo favorável à epigênese. Duvidava que os cromossomos conservassem sua individualidade durante a divisão celular. Tinha dúvidas em relação ao processo de sinapse⁵ e à pureza dos gametas (Morgan, 1910a, p. 452).

Neste mesmo artigo, ele dedicou uma seção à discussão da relação entre cromossomos e sexo. Descartou a possibilidade de que o sexo fosse determinado por fatores externos. Pela primeira vez, parecia que Morgan estava vislumbrando a possibilidade de que pudesse haver uma relação entre os estudos experimentais mendelianos e os estudos citológicos (Morgan, 1910a, pp. 453-472).

A mudança de linha de pesquisa de Morgan (Morgan, 1910b) se iniciou com o estudo de herança limitada ao sexo em *Drosophila*. No início do artigo sobre a descoberta da *Drosophila* macho de olhos brancos, publicado em *Science*, Morgan não deixou claro o que estava estudando. Apenas informou que estava acompanhando uma cultura de *Drosophila* há um ano (Martins, 1998, p. 111). Nesta cultura, foi encontrado um macho de olhos brancos, sendo que a mosca normal tem olhos vermelhos brilhantes.

3 A SITUAÇÃO A PARTIR DE 1910-1911

Morgan e seus colaboradores, Alfred Henry Sturtevant (1891-1970), Hermann Joseph Muller (1890-1967) e Calvin Bridges (1889-1938), cruzaram a *Drosophila* macho de olhos brancos com suas irmãs de olhos vermelhos, obtendo em F_1 1.237 descendentes de olhos vermelhos. Ao cruzar os descendentes de F_1 , Morgan obteve 2.459 fêmeas de olhos vermelhos, 1.011 machos de olhos vermelhos e 782 machos de olhos brancos (Martins, 2002b, p. 236).

Uma vez que não surgiram fêmeas de olhos brancos, Morgan concluiu que esse caráter era limitado ao sexo, pois era transmitido apenas aos fi-

⁵ Processo de pareamento dos cromossomos durante a metáfase.

lhos. Entretanto, não era incompatível com a feminilidade, pois do cruzamento de machos mutantes de olhos brancos com algumas de suas filhas obtinha-se 129 fêmeas de olhos vermelhos, 132 machos de olhos vermelhos, 88 fêmeas de olhos brancos e 86 machos de olhos brancos. Morgan deduziu que, uma vez que o caráter olhos brancos podia permanecer nas fêmeas através de um cruzamento adequado, conseqüentemente, não era limitado a um sexo. Ele apresentou então uma primeira hipótese⁶ procurando explicar os resultados encontrados, fazendo depois quatro verificações da mesma, que deram resultados de acordo com o esperado, apesar de se tratar de uma hipótese equivocada (Martins, 2002b, pp. 241-242).

Alguns meses depois de apresentar seu primeiro trabalho sobre herança ligada ao sexo, relacionando a característica olho branco à característica sexo, Morgan rejeitou sua primeira hipótese propondo outra, em um trabalho publicado em julho de 1911 (Morgan, 1911). A segunda hipótese surgiu depois da descoberta de outras mutações que eram herdadas do mesmo modo que a responsável pela coloração de olho branco. Entretanto, nesse artigo não deu uma razão para a sua rápida conversão (Martins, 2002b, p. 246).

A segunda hipótese, em vez de supor que os alelos limitados ao sexo estivessem associados ao fator X , como na primeira, considerou-os como fazendo parte do cromossomo X , no qual também estariam localizados os genes determinantes do sexo feminino. Na primeira hipótese, Morgan não falava em cromossomos, mas em associação entre fatores. De acordo com a nova hipótese, se o fator R para olhos vermelhos estava no cromossomo X , não poderia aparecer nunca isolado, fora dele. Todo espermatozóide que tem o R tem o X . Como o fator W para olho branco é um alelo de r , ele também deverá estar no cromossomo X (e um Y), eles só poderão possuir o R ou o W , em dose simples (Martins, 2002b, p. 247).

A partir deste trabalho, Morgan se dedicou tanto ao programa de pesquisa mendeliano, quanto à hipótese cromossômica, contribuindo para o seu desenvolvimento. Nos seus trabalhos seguintes é possível encontrar, algumas vezes, a indicação de problemas que a hipótese cromossômica ainda possuía, e se interpretarmos literalmente alguns trechos de certos trabalhos poderíamos pensar que ele manteve dúvidas quanto à hipótese

⁶ Essa primeira hipótese supunha que os alelos limitados ao sexo estivessem associados ao fator X . Neste artigo Morgan não mencionou os cromossomos (Morgan, 1910b; Moore, 1986; Martins, 2002b).

cromossômica por muito tempo. Mas deve-se dar mais importância às atitudes do que às palavras, e o fato de que Morgan passou a investir todo o seu esforço e sua carreira no desenvolvimento e aperfeiçoamento da teoria cromossômica (Martins, 2002b, p. 251).

Morgan e seus colaboradores rapidamente transformaram o trabalho com *Drosophila* em um ativo projeto. Com o desenvolvimento de novos experimentos de cruzamentos, outros mutantes começavam a aparecer. Esses mutantes eram registrados cuidadosamente e seus padrões hereditários eram estudados através de vários cruzamentos e retrocruzamentos (*backcrosses*) (Martins, 2002b, p. 252).

4 SITUAÇÃO POR OCASIÃO DO *HEREDITY AND SEX*

Como por ocasião da “conversão” de Morgan à teoria cromossômica seus questionamentos⁷ em nível conceitual não tinham sido respondidos e o livro *Heredity and Sex* (1913) mostrou um posicionamento francamente favorável às teorias mendeliana e cromossômica, procuraremos averiguar se algo de novo tinha surgido nesse sentido. O que irá nos interessar particularmente neste livro são os estudos sobre determinação de sexo.

Morgan discutiu no capítulo 2 sobre o mecanismo que determina o sexo. Nessa discussão, ele procurou convencer o leitor de que a determinação sexual estava ligada a fatores internos. Para isso utilizou evidências obtidas através dos estudos feitos por outros autores. Em alguns casos, ele explicitou quais eram os autores, tais como os experimentos com ouriços-do-mar feitos por Fritz Baltzer (1884-1974) e Theodor Boveri (1862-1915). Porém, outras vezes não mencionou os autores que fizeram os experimentos como é o caso dos insetos *Protenor belfragei*, *Lygaeus bicrucis*, *Oncopeltus fasciatus*, que tinham sido estudados por Edmund Beecher Wilson (1856-1939) (Wilson, 1905, pp. 321-345). Nesses casos, Morgan empregou diagramas bastante simplificados, que não refletiam o que havia sido observado por Wilson e nem por ele próprio já que ele não havia feito estudos citológicos sobre esses insetos. Ele também não mencionou que foi Boveri quem havia feito os experimentos com *Ascaris* (Morgan, 1913c, p. 53).

⁷ Entre as críticas feitas por Morgan estavam: os cromossomos que constituem diferentes tecidos são aparentemente iguais; espécies muito próximas apresentam número diferente de cromossomos. Assim, os cromossomos não explicam nem a diferenciação e nem a evolução.

Nesse capítulo, ele pareceu não ter mais dúvidas em relação ao processo de sinapse, como manifestava anteriormente, e defendeu que os cromossomos eram os principais responsáveis pela transmissão das características hereditárias, coisa que também questionava antes, conforme aparece nas seções anteriores deste artigo. Além disso, passou a considerar o trabalho de Boveri relevante:

As evidências mais convincentes de que os cromossomos são os elementos mais importantes na hereditariedade são encontrados nos trabalhos de Boveri, Baltzer e Herbst. [...] As evidências forneceram um forte suporte para a visão de que os cromossomos são diferentes um do outro, e que um de cada tipo é necessário para que ocorra o desenvolvimento. (Morgan, 1913c, p. 58)

4.1 Princípios de Mendel e determinação de sexo

Ao contrário do que fazia anteriormente, Morgan passou a defender os “princípios mendelianos” como se não houvesse nenhum problema em relação a eles. Ele afirmou:

Mendel testou sua hipótese em numerosas formas, que eu não preciso discutir agora, e encontrou em todos os casos resultados que coincidiam com suas expectativas. (Morgan, 1913c, p. 80)

Esta afirmação não é procedente. Na verdade, o próprio Mendel tinha consciência de que estes princípios não eram universais, tendo indicado exceções e considerado necessário que fossem testados em outros organismos (Martins, 2002a, pp. 27-55).

Além disso, Morgan procurou relacionar os cromossomos à teoria mendeliana como se essa fosse a única possibilidade. Ele comentou: “Não parece improvável que os cromossomos sejam o mais importante elemento na herança mendeliana” (Morgan, 1913c, p. 96).

Morgan ainda defendeu que o mecanismo de determinação de sexo seguia as “leis mendelianas de herança”. Ele assim se expressou:

Os fatos que nós temos considerado forneceram, eu acredito, evidências demonstrativas em favor da visão que o sexo é regulado por um mecanismo interno. O mecanismo parece, todavia, ser o mesmo mecanismo que regula a distribuição de certos caracteres que seguem as leis mendelianas de herança. (Morgan, 1913c, p. 72)

4.2 Estudos com insetos partenogenéticos

Diferente do que pensava anteriormente, Morgan mudou sua posição em relação à determinação de sexo em alguns insetos partenogenéticos. Em *Phylloxera* passou a defender que a determinação de sexo não era mais um fenômeno citoplasmático e sim cromossômico. Percebeu que nos ovos partenogenéticos grandes (que produziam fêmeas) e nos pequenos (que produziam machos), o número de cromossomos era diferente. No ovo grande não havia redução cromossômica. Assim, este último apresentava dois jogos cromossômicos. Por outro lado, no ovo pequeno todos os cromossomos se dividiam, exceto um, que permanecia intacto constituindo o corpo polar. Deste modo, o número de cromossomos na fêmea era 6 e no macho 5 (Morgan, 1913c, p. 180).

4.3 Estudos sobre determinação de sexo em *Drosophila*

Conforme mencionamos na seção 3 deste artigo, surgiu uma *Drosophila* macho de olhos brancos em uma das garrafas de cultura no laboratório de Morgan. Os resultados obtidos em seus experimentos levaram Morgan a crer que havia uma regularidade neste tipo de herança que estava relacionada ao sexo. Nesse sentido, ele abandonou a terminologia aplicada anteriormente, “herança limitada ao sexo”, passando a adotar uma nova, “herança ligada ao sexo”, porque a característica olhos brancos podia aparecer nas fêmeas desde que se fizessem os cruzamentos adequados. Ele assim se expressou:

Nestes casos, como já comentamos, foi dado o termo “herança limitada ao sexo”, mas nós sabemos que caracteres como estes podem ser transmitidos para as fêmeas, portanto o termo é enganoso. (Morgan, 1913c, p. 83)

Sendo assim, a herança de olhos brancos e vermelhos era um caso típico de herança ligada ao sexo. Morgan deu outros exemplos de herança ligada ao sexo como hemofilia e cegueira noturna em seres humanos sem, entretanto, mencionar os autores que haviam estudado esses casos e nem as evidências que haviam encontrado. Certamente não foi ele quem realizou essas investigações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa mostrou que em seus trabalhos iniciais (1903 a 1905) Morgan priorizava o papel do citoplasma na determinação de sexo em insetos que apresentavam alternância de geração sexuada e assexuada (afí-

deos e *Phylloxera*) e fazia restrições à teoria mendeliana. As evidências que o levaram a adotar este posicionamento estavam relacionadas ao fato de que os ovos partenogenéticos que produziam machos continham menos citoplasma que aqueles que produziam fêmeas, embora contivessem, de acordo com suas observações, o mesmo número de cromossomos. Por outro lado, espécies muito próximas apresentavam número diferente de cromossomos. Além disso, a teoria mendeliana, não explicava a proporção sexual 1:1. Em seus estudos realizados em 1907, ele continuou acreditando que o sexo era principalmente determinado por fatores internos, que o citoplasma tinha um papel fundamental mas que a herança do sexo poderia seguir os padrões mendelianos. A alternância de geração poderia estar relacionada a fatores ambientais. Em 1909, manteve sua posição de que o citoplasma era primordial na determinação do sexo e que a quantidade de cromatina poderia ter também alguma relação com o processo. Manifestou-se, entretanto, contrário a qualquer interpretação mendeliana para a determinação do sexo. Até aqui podemos dizer que a posição de Morgan favorável à determinação de sexo estar relacionada ao citoplasma pode ser explicada em nível conceitual.

Em 1910, após publicar vários trabalhos atacando tanto os princípios mendelianos como a teoria cromossômica (que eram coerentes com a posição adotada até então) publicou o artigo onde relatou a descoberta da *Drosophila* macho de olhos brancos e os resultados de seu cruzamento com a fêmea selvagem (de olhos vermelhos). Interpretou os resultados através de uma primeira hipótese que relacionava os alelos limitados ao sexo (para cor de olho) como relacionados ao fator **X**. Embora utilizasse uma terminologia mendeliana não mencionou os cromossomos. Num segundo artigo, publicado no ano seguinte, apresentou uma segunda hipótese em que considerava os alelos limitados ao sexo como estando contidos no cromossomo **X**. Entretanto, não havia evidências citológicas que corroborassem esta hipótese mas somente evidências genéticas (obtidas a partir de cruzamentos experimentais). Pode-se dizer que somente os resultados obtidos nos cruzamentos mencionados não são suficientes para justificar a mudança de posicionamento de Morgan por fatores conceituais. Além disso, as várias objeções que ele fazia antes à teoria cromossômica não haviam sido respondidas.

Dois anos depois, quando foi publicado o livro *Heredity and sex*, o grupo de Morgan havia feito outros estudos com mutações de *Drosophila* relacionadas ao sexo. Entretanto, as evidências obtidas eram principalmente genéticas. Nessa obra, entretanto, como ele defendeu veemente a teoria cro-

mossômica, os princípios de Mendel e sua relação, era de se esperar que novas e fortes evidências científicas houvessem sido apresentadas. Entretanto, não foi isso que ocorreu. Mudando sua atitude, Morgan passou a considerar as evidências acerca da individualidade e diferenças qualitativas dos cromossomos trazidas pelos experimentos de Boveri com ouriços como sendo conclusivas, sem que nada tivesse sido acrescentado ao que havia antes. O mesmo ocorreu em relação às experiências do mesmo autor com *Ascaris*⁸. Morgan utilizou as evidências obtidas por Wilson em seus trabalhos sobre determinação de sexo para corroborar seu novo posicionamento, sem entretanto, na maior parte dos casos, ter lhe dado o devido crédito. O próprio Morgan, no entanto, não fez estudos citológicos referentes aos exemplos dados. Utilizou como estratégia a super-valorização e generalização da aplicação do trabalho de Mendel a muitos organismos, forçando sua ligação com os cromossomos. Embora a mudança de atitude no que se refere à determinação de sexo nas formas sexuadas e partenogênicas possa ser explicada em termos conceituais já que ele encontrou evidências de que havia uma diferença em relação a seu número cromossômico, consideramos que, em seu conjunto, as evidências apresentadas no livro⁹ não são suficientes para explicar sua mudança de atitude a partir de fatores conceituais.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Profa. Dra. Lilian Al-Chueyr Pereira Martins por suas valiosas sugestões e leitura crítica e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior) pelo apoio recebido, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Garland E. Morgan, Thomas Hunt. Vol. 4, pp. 515-526, *in*: GILLESPIE, Charles C. (ed.). *Dictionary of scientific biography*. New York: Charles Scribner's Sons, 1981.

⁸ Neste segundo caso mencionou somente as evidências sem dar o crédito a seu autor.

⁹ As evidências apresentadas nesse sentido incluem outros exemplos de herança ligada ao sexo em *Drosophila*, herança da hemofilia e cegueira noturna em humanos, a partir de estudos de terceiros não mencionados.

- BRITO, Ana Paula Oliveira Pereira de Moraes. *Nettie Maria Stevens e suas contribuições para a teoria cromossômica da hereditariedade: estudos sobre a determinação de sexo*. São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- MAIENSCHNEIN, Jane. What determines sex? *Isis* **75**: 457-480, 1984.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. *A teoria cromossômica da hereditariedade: proposta, fundamentação, crítica e aceitação*. Campinas, 1997. Tese (Doutorado em Genética) – UNICAMP.
- . Thomas Hunt Morgan e a teoria cromossômica: de crítico a defensor. *Episteme* **3** (6): 100-126, 1998.
- . McClung e a determinação de sexo: do equívoco ao acerto. *História, Ciência, Saúde, Manguinhos* **6**: 235-256, 1999.
- . Bateson e o programa de pesquisa mendeliano. *Episteme* (14): 27-55, 2002 a.
- . Um achado inusitado no laboratório de Morgan: a *Drosophila* de olhos brancos. Pp. 227-256, *in*: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo (orgs.). *O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial*. São Paulo: EDUC, 2002.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; BRITO, Ana Paula de Oliveira Pereira de Moraes. As concepções iniciais de Thomas Hunt Morgan acerca da evolução e hereditariedade. Pp. 175-189, *in*: PRESTES, Maria Elice Brzezinski; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira e STEFANO, Waldir (orgs.). *Filosofia e história da biologia 1*. São Paulo: MackPesquisa, 2006.
- MOORE, John A. Science as a way of knowing – genetics. *American Zoologist* **26** (3): 583-747, 1986.
- MORGAN, Thomas Hunt. Recent theories in regard to the determination of sex. *Popular Science Monthly* **64**: 97-116, 1903.
- . The male and female eggs of Phylloxerans of the hickories. *Biological Bulletin* **10**: 201-206, 1905.
- . Sex determining factors in animals. *Science* **25**: 382-384, 1907 (a).
- . *Experimental zoology*. New York: MacMillan, 1907 (b).
- . The production of two kinds of spermatozoa in Phylloxerans. Functional “female production and rudimentary spermatozoa”. *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine* **5**: 56-57, 1908.
- . Sex determination and parthenogenesis in Phylloxerans and Aphids. *Science* **29**: 234-237, 1909 (a).
- . A biological and cytological study of sex determination in Phylloxerans and Aphids. *Journal of Experimental Zoology* **7** (2): 239-351, 1909 (b).

- . What are 'factors' in Mendelian explanations? *American Breeder's Association. Report* **6**: 365-368, 1909 (c).
- . Chromosomes and heredity. *American Naturalist* **44**: 449-496, 1910 (a).
- . Sex limited inheritance in *Drosophila*. *Science* **32**: 120-122, 1910 (b).
- . An attempt to analyse the constitution of the chromosomes on the basis of sex-limited inheritance in *Drosophila*. *Journal of Experimental Zoology* **11**: 365-413, 1911.
- . The explanation of a new sex ratio in *Drosophila*. *Science* **36**: 718-719, 1912.
- . Factors and unit characters in Mendelian heredity. *American Naturalist* **47**: 5-16, 1913 (a).
- . Simplicity versus adequacy in Mendelian formulae. *American Naturalist* **47**: 372-374, 1913 (b).
- . *Heredity and sex*. New York: Columbia University, 1913 (c).
- WILSON, Edmund Beecher. Studies on chromosomes. I. The behavior of the idiochromosomes in Hemiptera. *Journal of Experimental Zoology* **2**: 321-405, 1905.

Giovanni Michelotti e sua contribuição às primeiras coleções científicas do Museu Nacional

Antonio Carlos Sequeira Fernandes*

Vittorio Pane**

1 INTRODUÇÃO

A aquisição das primeiras coleções para o Museu Nacional, no período inicial após sua fundação em 1818, foi preocupação constante de seus primeiros dirigentes. A necessidade de aumento do acervo da nova instituição de História Natural era premente, com solicitações de providências ao governo Imperial. Entre as medidas adotadas, os naturalistas viajantes estrangeiros, comuns no país no início do século XIX, eram obrigados a enviar pelo menos uma amostra de tudo que coletassem ao Museu, exemplo seguido pelos presidentes de províncias quando da formação de coleções regionais.

Outras contribuições ocorreram com os intercâmbios internacionais que se consagrariam no decorrer do século, permitindo “dispor de coleções de caráter universal”, importantes no “ideal” de funcionamento e organização do Museu Metropolitano, agora no Rio de Janeiro” segundo moldes europeus, como se pretendia para o Museu Nacional (Lopes, 1997, p. 47). Entre as coleções que chegaram ao Museu destaca-se a do advogado e paleontólogo italiano Giovanni Michelotti que enviou material conquilliológico fóssil em 1836 (Doc. Museu Nacional nº 46, pasta 2, de 24/01/1836). Procedente do Piemonte, noroeste da Itália, seu reencontro nas atuais coleções de paleoinvertebrados do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) revelou-se de grande importância.

* Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: fernande@acd.ufri.br.

** Clube Alpino Italiano Sezione di Giaveno, Piazza Colombatti, 14, 10094 Giaveno (TO), Itália. E-mail: vpane_mgs@caigiaveno.com



Figura 1. Fotografia, sem data, de Giovanni Michelotti

O levantamento detalhado do acervo e a análise da documentação permitiram traçar os rumos tomados pela referida coleção e o interesse de Michelotti em sua contribuição ao Museu Nacional.

2 GIOVANNI MICHELOTTI: ADVOGADO E PALEONTÓLOGO

Giovanni Michelotti, nascido em Turim em 1814, ainda jovem obteve o diploma em Direito, mas sua verdadeira vocação, a de paleontólogo, surgiu em seguida. Durante suas excursões às colinas de Turim, iniciou uma coleção de fósseis marinhos. Em 1838, com apenas 24 anos, publicou seu primeiro trabalho científico com conteúdo geológico seguido, no mesmo ano, de um outro sobre a zoofitologia terciária do Piemonte (Michelotti, 1838a, 1938b). Numa rápida sucessão, publicou outros trabalhos, além de um compêndio sobre a geologia, muito apreciado no mundo científico. Com o tempo, a sua coleção paleontológica se enriqueceu ainda mais com exemplares importantes e raros e, em 1847, publicou seu principal trabalho, a descrição dos fósseis miocênicos. No inverno de 1854-1855, em viagem ao Caribe, efetuou importantíssimas observações biológicas e paleontológicas, coletando importante coleção de corais, que lhe permitiu redigir duas Memórias. A partir de 1861, após a publicação do estudo sobre os fósseis oligocênicos da Itália Setentrional, Michelotti completou o que para muitos foi considerado o período mais ativo e fértil de sua vida científica. Em 1880, doou sua valiosa coleção paleontológica para o Museu

Geológico da Universidade de Roma, ali permanecendo por dois anos para organizar a coleção. Por esta doação, recebeu a condecoração honrosa “Comenda da Coroa Italiana”. Ao fim do trabalho em Roma, após breve passagem por Nápoles e Caserta, retornou ao Piemonte. Faleceu em 21 de dezembro de 1898, na região da Ligúria, em San Remo.

3 A CARTA DE MICHELOTTI: O INTERESSE PELO INTERCÂMBIO

Em 1836, Michelotti encaminhou ao Museu Nacional correspondência relativa a uma coleção de material conculiológico fóssil, que enviava ao Museu. Não há documentação que permita saber com exatidão a razão pela qual Michelotti entrou em contato com a instituição, equivocadamente interpretada por Lopes (1997, p. 59) como uma solicitação de emprego. Na correspondência, datada de 24 de janeiro de 1836, Michelotti oferecia uma coleção de fósseis da região do Piemonte, fonte de incontáveis fósseis terciários de excelente preservação e anexava uma lista de fósseis procedentes das colinas de Turim e Asti. O material, que aparentemente não havia sido encaminhado junto com a carta, seria posteriormente levado por seu irmão, então oficial de um navio, concretizando a entrega que deve ter ocorrido possivelmente junto com a carta, transcrita abaixo:

Distintissimo Personaggio, / Mercé singolare favore della fortuna mi è finalmente concesso di mandare ad esecuzione uno de miei più cari voti. Colla fregata di S.M. [Sua Maestà] l'Euridice posso a voi indirizzandomi comunicare con coltissimo Signore, tentando nel medesimo tempo di offrirvi quei piccoli servigiù nella Storia Naturale che alla S.V. [Signoria Vostra] sono più cari e che dipendono dai tenui mezzi dei quali posso disporre. / Segno di questi servigi è questo piccolo invio che mi arrogo la libertà d'indirizzarvi pregandovi nel medesimo tempo di supplire colle vostre molte cognizioni ai difetti che nella classificazione vedrete. Qualora la bontà della S.V.I. [Signoria Vostra Illustrissima] mi aggiudicasse qualche oggetto la pregerèi primieramente dei zoofiti non arborescenti, poscia delle conchiglie viventi dei fiumi, laghi e delle marine specialmente dei conchi delle mitre col nome o senza duplicati più o meno o semplici il tutto come è più caro alla Signoria Vostra Nobilissima. / Mio fratello il Signor Francesco Michelotti ufficiale a bordo dell'Euridice e quello per cui ho l'onore di trasmettervi il presente primo umile invio, di quello che riceverà la risposta che la V. P. [Vostra Pregiatissima] si degnerà trasmetterle. / Accettando ed aspettando alacrememente i vostri cari comandi sia per oggetti che per libri alla Storia naturale appartenenti ho l'onore di protestarmi della N.V.

[Nobiltà Vostra] pregiatissima. / Torino 24 giugno 1836. / Umilissimo e Devotissimo Servo. / Avvocato Giovanni Michelotti. (Doc. Museu Nacional nº 46, pasta 2, de 24/01/1836)

A análise do manuscrito revela que Michelotti provavelmente não conhecia seu interlocutor, já que não se dirigia a uma pessoa específica. Certamente enviou a coleção sem saber quem a receberia, na esperança de estabelecer um primeiro contato através do intercâmbio de material e documentação científica. Na ocasião, Michelotti tinha somente 22 anos e com toda probabilidade estava no início dos seus estudos paleontológicos, o que explica também a extrema deferência que utiliza em muitos trechos.

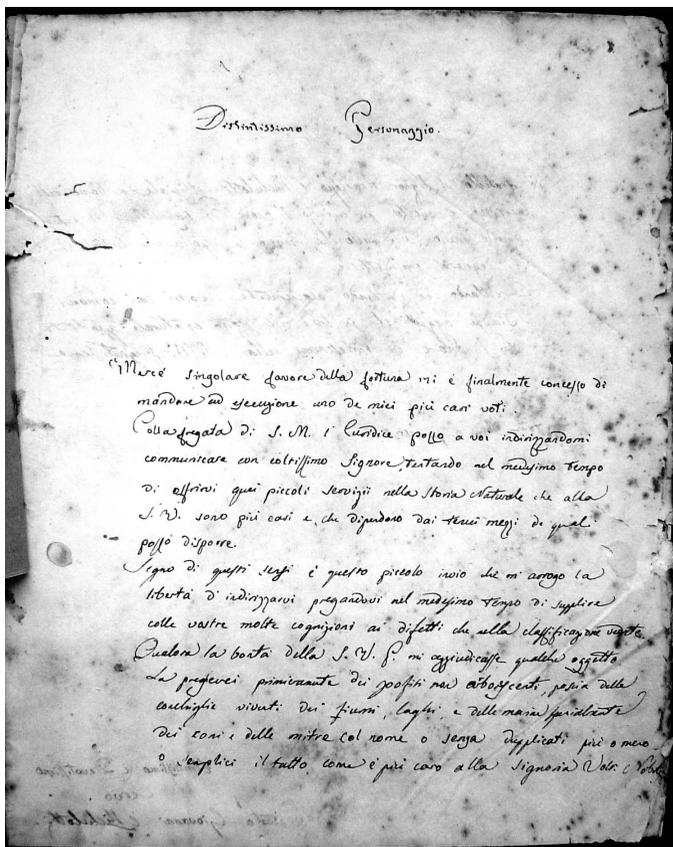


Figura 2. Primeira página da carta de Giovanni Michelotti (Doc. Museu Nacional nº 46, pasta 2, de 24/01/1836).

Na carta, convida o destinatário a corrigir, quando necessário, a classificação dos fósseis (mais um sinal da insegurança do jovem paleontólogo) e, ao mesmo tempo, formula um pedido específico do tipo de material que gostaria de receber em contrapartida. Michelotti solicitou, em troca dos fósseis piemonteses, exemplares tropicais do litoral brasileiro, escolha facilmente explicada pelo fato de que, naquela época, era muito difícil, para um europeu, obter exemplares sul-americanos. Cabe ressaltar que tal interesse poderia estar relacionado à paixão que Michelotti tinha por organismos marinhos como os corais, revelado principalmente quando de sua viagem a Cuba e Guadalupe, no Caribe, cerca de 18 anos depois, em meados do século XIX, em companhia de Édouard Placide Duchassaing de Fonbressin (1819-1873), médico e naturalista francês, resultando em duas monografias (Duchassaing de Fonbressin & Michelotti, 1860 e 1864) nas quais os dois autores listaram 409 espécies de cnidários, das quais 208 eram novas para a ciência.

A notícia de interesse de intercâmbio com instituições estrangeiras por parte do Museu Nacional provavelmente chegou ao conhecimento de Michelotti na primeira metade da década de 30. De Gênova, foram enviados produtos mineralógicos e geognósticos do Vesúvio (Aviso de 29/01/1831; Doc. Museu Nacional 141, pasta 1) e, de Roma (Aviso de 15/01/1834; Doc. Museu Nacional nº 13, pasta 2), chegaram objetos de História Natural dos “Estados Pontifícios” remetidos pelo diretor do Museu de Roma. Produtos zoológicos e mineralógicos acompanhados de uma solicitação de intercâmbio com a instituição foram novamente enviados pelo diretor do Museu de Roma em 1837 (Aviso de 30/08/1837; Doc. Museu Nacional nº 62, pasta 2). Da mesma forma, mas aparentemente independente de qualquer instituição oficial, Michelotti empreendeu uma solicitação de permuta ao que tudo indica de caráter pessoal. Não foram encontrados, entretanto, no acervo do Museu Nacional, documentos que comprovem uma resposta à carta de Michelotti.

No manuscrito fica também evidente a responsabilidade do irmão Francesco no transporte da remessa e que a Michelotti restava somente esperar pacientemente por uma resposta. Em 1836, ano de redação do documento, a Itália não constituía ainda um reino unido, mas apresentava-se dividida em diversos estados. Turim representava a capital do Reino da Sardenha tendo, em Gênova, sua principal saída para o mar. Desse porto, provavelmente partiram diversos navios atendendo à iniciativa de promoção comercial e diplomática do Reino da Sardenha, inclusive da fragata Euridice, a bordo da qual estava embarcado, como oficial, o irmão de Mi-

chelotti, incumbido de transportar a coleção. A fragata deve ter aportado no Rio de Janeiro em julho ou início de agosto de 1836, quando então o manuscrito e a coleção devem ter sido entregues pessoalmente por Francesco Michelotti ao diretor do Museu Nacional, antes de seguir para Montevideu, aonde chegou ainda no mês de agosto. Pesquisas efetuadas na Universidade de Turim não evidenciaram um possível prosseguimento de intercâmbio entre Itália e Brasil ligado a este evento. Não se deve esquecer, todavia, que se tal contato foi mantido de forma particular, poderia, portanto, resultar na ausência de uma documentação oficial.

Apesar da falta de documentação que comprove uma resposta por parte do Museu Nacional, foi encaminhada, no ano seguinte, uma outra coleção conchiliológica composta por 100 espécies de conchas de gastrópodes recentes fluviais e terrestres e 100 espécies de gastrópodes fósseis marinhos procedentes da cidade de Roma e seus arredores. Apesar desse material conchiliológico não ter sido identificado nas atuais coleções dos setores de Malacologia e de Paleoinvertebrados do Museu Nacional, a sua remessa ficou evidenciada pela listagem do material encaminhada especificamente à instituição pelo Museu de Roma em 10 de janeiro de 1837, arquivada no acervo da Seção de Memória e Arquivo (Doc. Museu Nacional nº 59, pasta 2). Embora não se encontre anexada à listagem uma carta de encaminhamento com sua respectiva coleção, esta certamente deve ter chegado junto com o documento, a exemplo da coleção encaminhada em 1836, pois não era comum o envio prévio de listas de materiais científicos para sua remessa posterior. As justificativas para o desaparecimento da coleção ficam, entretanto, no campo das hipóteses, como a falta de retorno de um empréstimo para fins didáticos, prática comum com as coleções do Museu Nacional ao longo do século XIX, ou o seu extravio quando da transferência do acervo do antigo prédio situado no campo de Santana para as novas instalações no palácio situado na Quinta da Boa Vista, em São Cristóvão, em 1890.

Não se tem conhecimento de outras contribuições de Giovanni Michelotti ao Museu Nacional. As razões são desconhecidas, mas pode-se supor que o seu desinteresse por novos intercâmbios possa ter sido resultado da falta de uma resposta por parte da instituição e a remessa do material por ele solicitado. Convém ressaltar, entretanto, que apesar do enriquecimento das coleções com produtos originários da Europa, o museu carecia de produtos brasileiros, cujo conteúdo era muito pobre (Lopes, 1997, p. 60). Esta carência de produtos brasileiros seria provavelmente a principal razão para a não efetivação da permuta com o paleontólogo italiano.

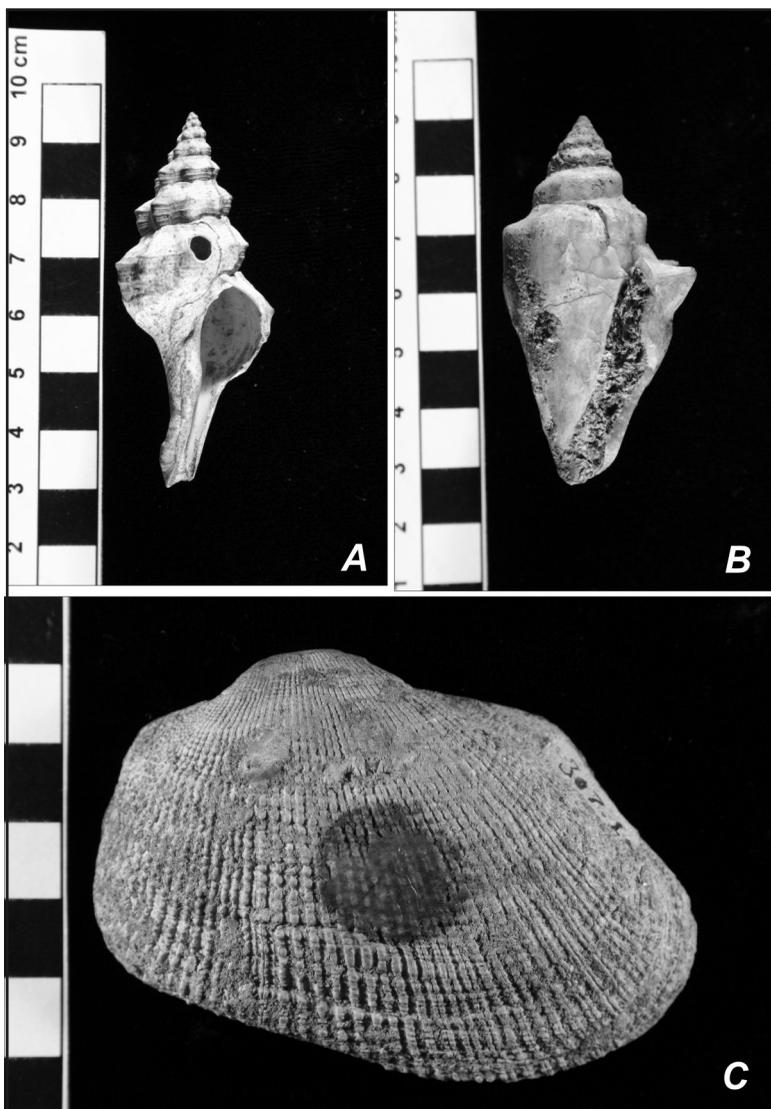


Figura 3. Fósseis da região de Piemonte, Itália, presentes na coleção do Museu Nacional. A) *Fasciolaria fimbriata* Lamarck (MN 492-I); B) *Strombus bonelli* Brogniart (MN 483-I); C) *Arca ovata* Lamarck (MN 307-I). Escalas em centímetros.

4 A IMPORTÂNCIA CIENTÍFICA E HISTÓRICA DA COLEÇÃO MICHELOTTI

Com o extravio do material fóssilífero coletado no Uruguai e enviado por Frederich Sellow (1789-1831), naturalista prussiano, ao Museu Nacional em 1826 (Paula Couto, 1948, p. 3), a coleção Michelotti se tornou a mais antiga coleção de fósseis a fazer parte do acervo paleontológico da instituição. Do final da mesma década, de 1939, data a presença de um exemplar de tronco fossilizado observado por Jean-Antoine Guillemain (1796-1842), naturalista e botânico francês, que levou um fragmento do mesmo para Paris, sendo posteriormente descrito por Adolphe-Théodore Brongniart (1801-1876), botânico francês, como *Psaronius brasiliensis*, o primeiro fóssil vegetal descrito para o Brasil (Brongniart, 1872; Oliveira, 1937, p. 1 e 10; Dolianiti, p. 21). Um isótipo da espécie retornou ao Museu Nacional, e sua atual presença na coleção de paleobotânica torna-o o segundo exemplar mais antigo do acervo.

As coleções paleontológicas (paleoinvertebrados, paleovertebrados e paleobotânica) do Museu Nacional totalizam cerca de 17.557 registros englobando em torno de 56.836 exemplares. Na coleção de paleoinvertebrados, dos seus 8.070 registros, 3.060 correspondem a fósseis estrangeiros que foram incorporados ao acervo. Desses, um número considerável de registros e exemplares (2.053 e 7.466, respectivamente), foram incorporados ainda no século XIX. São fósseis procedentes de inúmeros países, mas principalmente da América do Norte e da Europa. A ausência de anotações sobre os doadores dos exemplares levou a Fernandes *et al.* (2006, p. 6) a interpretação de que os fósseis constituíssem parte de uma coleção de fósseis encaminhados pelo Museu de Zoologia Comparada da Universidade de Harvard, Cambridge, EUA, que teriam chegado ao Museu Nacional em virtude das relações existentes entre Charles Frederick Hartt (1840-1878) e Orville Adelbert Derby (1851-1915), geólogos de nacionalidades canadense e norte-americana, respectivamente, ambos da Comissão Geológica do Império (1875-1877), com o museu de Harvard. Segundo Fernandes *et al.* (2006, p. 8), os fósseis seriam úteis para comparação com os fósseis brasileiros coletados pela Comissão, auxiliando na sua identificação. Nessa coleção, 361 registros (compreendendo 1.029 exemplares) correspondem a fósseis provenientes da Itália. A comparação relação de espécies anexa ao manuscrito de 1836 com as registradas no livro de tombo do acervo de paleoinvertebrados, permitiu o reconhecimento de 54 espécies enviadas por Michelotti, comprovadas principalmente pelas localidades de

procedência. Correspondentes ao mesmo número de registros, as espécies estão representadas por 127 exemplares de moluscos marinhos do Terciário do Piemonte.

Apesar do pequeno número de registros e exemplares que ainda permanecem no acervo, a coleção Michelotti representa uma excelente contribuição ao conhecimento da paleontologia italiana, tornando-se ainda mais significativa pelo fato de que muitos dos sítios originais de coleta encontram-se hoje inacessíveis devido à expansão urbana e impossibilidade de acesso.

A coleção Michelotti encontra-se, além disso, ligada à própria história da preservação dos acervos da instituição que a abriga. De sua fundação até 1890 o Museu Nacional foi instalado no prédio ainda existente junto à Praça da República e, a partir da Proclamação da República, mudou-se para o antigo palácio em São Cristóvão, onde ainda permanece. Tanto no prédio antigo durante o século XIX, como no atual até meados de 1940, as coleções permaneciam em sua grande parte expostas ao público, guardadas nos móveis expositores ou nas respectivas seções ou divisões. Coleções eram emprestadas para ensino em outras instituições e, assim como na mudança para o palácio em São Cristóvão, ocorreram perdas do acervo. Somente após 1940 as coleções foram organizadas nos moldes atuais. No livro de tombo observa-se a perda de muitas informações originais e, na análise realizada, constatou-se que uma parte dos fósseis incluídos no novo tombamento originou-se da coleção de Michelotti. Verificou-se também a ausência de registros de outras remessas do Piemonte ao Museu, além de não serem conhecidas coletas significativas de fósseis na região para posterior envio a instituições estrangeiras. Estes dados reforçaram, deste modo, a relação dos fósseis piemonteses da coleção com a remessa de Michelotti.

A pesquisa efetuada junto ao acervo documental e paleontológico do Museu Nacional permitiu, portanto, o reconhecimento dos exemplares remanescentes de uma das mais antigas coleções de fósseis remetidas à instituição na primeira metade do século XIX, revestindo-se, assim, grande valor patrimonial, tanto científico como histórico, por constituir parte dos primeiros acervos científicos da instituição.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRONGNIART, Adolphe. Notice sur le *Psaronius brasiliensis*. *Bulletin de la Société Botanique de France* **19**: 3-10, 1872.
- DOLIANITI, Elias. A paleobotânica no Brasil. *Boletim do Departamento*

- Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia* (123): 1-87, 1948.
- LOPES, Maria Margareth. *O Brasil descobre a pesquisa científica: os museus e as ciências naturais no século XIX*. São Paulo: HUCITEC, 1997.
- DUCHASSAING DE FONBRESSIN, Édouard Placide; MICHELOTTI, Giovanni. Mémoire sur les coralliaires des Antilles. *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino* [série 2] **19**: 279-366, 1860. Publicado também sob forma de livro: *Mémoire sur les coralliaires des Antilles*. Torino: Imprimerie Royale, 1860.
- . Supplément au mémoire sur les coralliaires des Antilles. *Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino* [série 2] **23**: 97-206, 1866. Publicado também sob forma de livro: *Supplément au mémoire sur les coralliaires des Antilles*. Torino: Imprimerie Royale, 1864.
- FERNANDES, Antonio Carlos Sequeira Fernandes; FONSECA, Vera Maria Medina da; VIEIRA, Priscila Magalhães; MARINO; Laís Machado. Os fósseis estrangeiros da coleção de paleoinvertebrados do Museu Nacional. *Publicações Avulsas do Museu Nacional* (108): 1-36, 2006.
- MICHELOTTI, Giovanni. *Specimen zoophytologiae diluviane*. Torino: Heredes Botta, 1838 (a).
- . Geognostische-zoologische Ansicht über die tertiären Bildungen Piemonts. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Geologie und Palaeontologie* **8**: 395-400, 1838 (b).
- . Précis de la faune miocène de la Haute Italie. *Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem* [2e verzameling = série 2] **3** (2): 1-408, 1847. Publicado também sob forma de livro: *Précis de la faune miocène de la Haute Italie*. Leide: A. Arnz; Haarlem: Erven Loosjes, 1847.
- . Études sur le Miocène inferieur de l'Italie septentrionale. *Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem* [2e verzameling = série 2] **15** (1): 1-183, 1861. Publicado também sob forma de livro: *Études sur le Miocène inferieur de l'Italie septentrionale*. Haarlem: Les Héritiers Loosjes, 1861.
- OLIVEIRA, Euzébio de. Estado actual da Paleobotânica brasileira. *Notas Preliminares e Estudos*, Ministério da Agricultura, Serviço Geológico e Mineralógico (10): 1-16, 1937.
- PAULA COUTO, Carlos de. Sobre os vertebrados fósseis da coleção Selow, do Uruguai. *Boletim do Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia* (125): 1-14, 1948.

O sistema de grupo sanguíneo *Rh*

Caroline Belotto Batisteti *

João José Caluzi**

Elaine Sandra Nabuco de Araújo***

Sérgio Guardiano Lima****

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1960, tem-se discutido o processo de incorporação da história e filosofia da ciência no ensino de ciência. Configura-se nessa proposta, a idéia de divulgar não apenas conhecimentos científicos passados ou ainda de entender como os cientistas trabalham mas, sobretudo, de compreender como se dá a construção do conhecimento científico (Araújo, Caluzi & Caldeira, 2006).

* Estudante do curso de Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru. Programa de Pós-Graduação em Educação Para a Ciência. Av: Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CEP 17033-360. Bauru, SP. E-mail: carolbatisteti@fc.unesp.br

** Departamento de Física da Faculdade de Ciências; Programa de Pós-Graduação em Educação Para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru. Av: Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CEP 17033-360, Bauru, SP. E-mail: caluzi@fc.unesp.br

*** Pesquisadora do Centro de Divulgação e Memória da Ciência e Tecnologia; bolsista PRODOC/CAPEs; Programa de Pós-Graduação em Educação Para a Ciência; Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru. Av: Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, 17033-360. Bauru, São Paulo. E-mail: centero@fc.unesp.br

**** Estudante de Mestrado no Programa de Pós-Graduação do Programa de Educação Para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru; Bolsista CAPES. Av: Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CEP 17033-360. Bauru, SP. E-mail: sergioglimala@fc.unesp.br

A abordagem histórica possibilita a desmistificação da ciência, ou seja, o entendimento da ciência não como uma atividade neutra, isenta de interesses, feitas por gênios que apresentam idéias acabadas de forma inesperada, mas sim, como uma construção humana, que se modifica ao longo do tempo e que em geral, os conhecimentos científicos, não são frutos de descobertas pessoais e sim de grupos de pesquisadores que são influenciados pelos métodos e concepções científicas vigentes numa determinada época. O estudo de episódios históricos pode sugerir que o processo de construção do conhecimento é lento e gradual e que os conceitos desenvolvem-se por meio de etapas decorridas de longos períodos, até chegarem àqueles aceitos atualmente (Martins, 1998).

No caso dos sistemas dos grupos sanguíneos, realizamos uma análise em quatro livros didáticos do Ensino Básico, sendo que um deles está indicado no Guia de Livros Didáticos do Programa Nacional do Livro Didático 2008 (Gewandsznajder, 2004) e os demais títulos foram recomendados pelo Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio 2007 (Linhares & Gewandsznajder, 2004a; *idem*, 2004b; Paulino, 2006). Os livros didáticos são divididos em capítulos e seções de acordo com as disciplinas relacionadas à Biologia, isto é, citologia, evolução, genética, ecologia e assim por diante. Percebemos que em três dos quatro livros analisados, a discussão sobre a proposta dos grupos sanguíneos está presente no capítulo referente à genética, mais especificamente ao conteúdo alelos múltiplos. A determinação do sistema de grupos sanguíneos resultou de estudos para o esclarecimento da estrutura e propriedades protéicas, envolvendo apenas conhecimentos imunológicos sobre as reações antígeno-anticorpo. Em momento algum houve a utilização de ferramentas genéticas, já que no período de 1900, os trabalhos de Mendel estavam ainda sendo “redescobertos”, com a sistematização da nomenclatura que hoje é empregada pela genética. A forma de apresentação do conteúdo nos livros didáticos analisados pode conduzir os alunos a relacionarem o grupo sanguíneo *ABO* somente ao genótipo, deixando de enfatizar o fenótipo e as características imunológicas envolvidas, o que, na realidade, levou ao esclarecimento dos quatro grupos sanguíneos (*A*, *B*, *AB* e *O*).

Um dos livros didáticos analisados atribuiu a Karl Landsteiner (1868-1943), médico e biólogo austríaco a proposta do grupo sanguíneo *AB*. Porém, foram os médicos Alfred Von DeCastello (1872-1960) e Adriano Sturli (1873-1964), auxiliares de Landsteiner, que sugeriram esse grupo. Além de problemas históricos, identificamos erros conceituais. Três livros investigados apresentaram a idéia que indivíduos do grupo *O* são conside-

rados doadores universais, baseados no fato que os indivíduos do grupo *O* possuem hemácias que não contêm antígenos *A* ou *B*; e indivíduos do grupo *AB* considerados receptores universais, baseados no fato de que indivíduos do grupo *AB* não possuem anticorpo anti-*A* e anti-*B* no plasma. Afirmar que indivíduos do grupo *O* e *AB* são respectivamente, doadores e receptores universais, está do ponto de vista imunológico, incorreto, caracterizando um erro conceitual, já que um indivíduo que recebe sangue total (hemácias + plasma) de um doador tipo *O*, também está recebendo anticorpos anti-*A* e anti-*B*, que em alto título podem desencadear uma reação de aglutinação quando o receptor for do tipo sanguíneo *A* ou *B*, pois os anticorpos do doador reagirão com os antígenos correspondentes presentes nas hemácias do receptor. Pensando de maneira semelhante podemos explicar porque um indivíduo do grupo *AB* não pode ser considerado receptor universal.

A constatação de lacunas históricas e erros conceituais nos livros didáticos nos motivou a investigar a história dos grupos sanguíneos. No presente trabalho, a partir da análise dos fatos históricos referentes às etapas de construção dos conhecimentos e conceitos relacionados às práticas transfusionais, buscamos verificar, como Alexander Solomon Wiener (1907-1976), médico americano e Karl Landsteiner propuseram a existência de um novo fator sanguíneo: o fator *Rh*, responsável por graves reações transfusionais.

2 PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS TRANSFUSIONAIS

A primeira transfusão sanguínea direta é atribuída a Richard Lower (1631-1691), médico britânico, sendo realizada em animais na cidade de Oxford em fevereiro de 1665 (Donovan, 2004). Em seu *Tractatus de corde*, ele escreveu:

Inicialmente tentei transferir o sangue da veia jugular de um animal para a veia jugular de um segundo por meio de tubos entre eles; mas vendo o sangue coagular no tubo e obstruir sua própria passagem devido ao movimento lento do sangue venoso, então comecei a tentar uma outra maneira e, guiado pela sua própria natureza, eu finalmente estipulei transferir o sangue da artéria de um animal para a veia de um segundo; e por este novo dispositivo estender a circulação do sangue além dos limites prescritos¹.

¹ M. R. S. Maluf, em seu artigo “History of blood transfusion”, comentou: “A primeira

Estando prontos os cães e feitas outras preparações necessárias, eu selecionei um cão do tamanho médio, abri sua veia jugular, e retirei o sangue, até seus gemidos e esforços cessarem e as convulsões não estarem distantes. Então, para compensar a grande perda de sangue deste cão, eu introduzi nele o sangue da artéria cervical de um mastim, razoavelmente grande, que foi preso ao seu lado, até que ele por seu nervosismo demonstrou estar sobrecarregado do sangue recebido. Coloquei uma ligadura na artéria da qual o sangue estava passando, e retirei o sangue novamente do cão receptor. Isto foi repetido sucessivas vezes, até que não houvesse mais sangue ou vida em dois mastims razoavelmente grandes (o sangue de ambos foi recebido pelo cão menor). Neste meio tempo, o sangue tinha sido repetidamente retirado deste animal menor e havia sido injetada nele uma quantidade equivalente, imaginei, ao peso de seu corpo inteiro. Uma vez que sua veia jugular foi costurada e as correntes desamarradas, pulou prontamente da mesa e, aparentemente distraído de seus ferimentos, começou logo a demonstrar afeto pelo seu mestre e a rolar na grama para se limpar do sangue (Lower [1669], *apud* Maluf, 1954, p. 62).

Segundo Richard Lower, não ocorreram alterações nas características ou no comportamento dos cães, o que incentivou a realização de novos procedimentos transfusionais entre animais da mesma espécie, em que danos fatais eram raros. Entretanto, percebeu-se que transfusões entre espécies diferentes freqüentemente causavam a morte (Schwarz & Dorner, 2003). Jean Baptiste Denis (1625?-1704), médico francês em sua primeira tentativa de transfusão em um homem, realizada em Paris em 1667, transferiu cerca de 300 ml de sangue da artéria carótida de um carneiro para a veia de um homem. Seu argumento para utilização de sangue de animais, ao invés de sangue humano, foi que aquele estaria menos contaminado por paixões e vícios (Brown, 1948; Guerrini, 1989).

Como obteve sucesso, novas tentativas foram realizadas, até que o quarto paciente morreu com supostos sintomas de reação hemolítica. Este paciente já havia recebido uma transfusão, a princípio bem sucedida; mas após a segunda, seu braço tornou-se quente, o pulso róseo, com queixas de dor pelo corpo, até que após alguns dias a urina tornou-se escura, adquirindo de fato a cor preta. Esses sintomas eram consistentes com a reação hemolítica, provavelmente provocada pela isoimunização² do paciente pelo

tentativa de transfusão direta de veia para veia falhou porque nenhuma bomba foi interposta no circuito exterior” (Maluf, 1954, p. 62).

² Imunização entre indivíduos de uma mesma espécie.

sangue de carneiro dado na primeira transfusão. O parlamento francês, a *Royal Society* e a igreja católica proibiram as transfusões sanguíneas, e este processo foi banido da prática médica por cerca de 150 anos (Schwarz & Dorner, 2003).

No século XIX, o obstetra britânico James Blundell (1791-1878) parece ter sido o primeiro a executar transfusões utilizando doadores humanos. Ele empregou este processo em casos de hemorragia pós-parto, obtendo bons resultados. Outros médicos e estudiosos ainda utilizavam sangue de carneiro para realização de transfusões (Wiener, 1952; *idem*, 1969). A causa dos danos das reações transfusionais devido ao uso de sangue animal foi explicada em 1875, quando o fisiologista alemão Leonard Landois (1837-1902) e o médico patologista alemão Emil Ponfick (1844-1913) mostraram que o soro humano destrói ou aglutina hemácias de mamíferos inferiores. A habilidade do soro de uma espécie em reagir como hemácias de outra espécie foi descrita devido à presença de anticorpos naturais no soro designados heterohemolisinas ou heteroaglutininas. Segundo o médico imunologista belga Jules Jean Baptiste Vicent Bordet (1870-1961), estes anti-



Figura 1. Ilustração holandesa que mostra dois médicos realizando transfusão de sangue diretamente de um cão para um homem. Prancha 11, in: SCHULTES, Johannes. *Armamentarium chirurgicum*. Amsterdam, Johannes von Someren, 1671.

corpos aumentam em título após isoimunização, explicando então que os danos seriam resultados de repetidas transfusões do sangue animal para o mesmo paciente (Wiener, 1969).

3 O SISTEMA ABO

Em torno de 1900, Landsteiner estava envolvido em pesquisas com utilização do uso potencial de anticorpos para elucidação da estrutura e características protéicas. Encontrou-se evidências favoráveis de que os anticorpos poderiam neutralizar os efeitos de algumas enzimas. Foram realizados experimentos que indicavam que grupos ativos de enzimas podiam ser encontrados em coágulos. O médico alemão Emil Freiherr von Dungern (1867-1961) esforçou-se para utilizar os efeitos anti-enzimáticos do soro pela imunização de animais com vários micróbios, mostrando que os soros resultantes tinham um efeito específico contra as enzimas bacterianas que ele havia introduzido nos animais. Entretanto, estes experimentos envolviam apenas um “sorodiagnóstico”³ de bactérias (Landsteiner, 1900, *apud* Hughes-Jones & Gardner, 2002, p. 892).

Em 1931 Landsteiner recebe o Prêmio Nobel, e a respeito do assunto acima citado declara que “o objetivo primário foi a caracterização química das proteínas”, sendo evidente que para tanto não poderiam ser utilizados métodos bioquímicos convencionais e conhecidos. Além disso, Landsteiner continua, “a aplicação dos reagentes sorológicos conduziu a uma importante descoberta na química das proteínas, ou seja, que proteínas em vários animais e plantas são diferentes e são específicas para cada espécie” (Landsteiner, 1931, *apud* Hughes-Jones & Gardner, 2002, p. 892).

A partir das observações sobre a ação dos anticorpos, Landsteiner propôs a seguinte questão: “será que indivíduos dentro de uma espécie apresentam diferenças, mesmo que presumivelmente mais leves?” (Landsteiner, 1900, *apud* Hughes-Jones & Gardner, 2002, p. 892). Foi esta especulação que o levou a iniciar os experimentos que o levaram a descoberta do sistema de grupos sanguíneos ABO (Landsteiner, 1901).

Assim, Karl Landsteiner misturou o soro de alguns indivíduos com as hemácias de outros para fazer um teste de aglutinação, com a finalidade de buscar diferenças individuais no sangue humano. Percebeu que, em alguns

³ Diagnóstico de doença baseado na reação antígeno-anticorpo no soro sanguíneo. No contexto, sorodiagnóstico refere-se a anticorpos produzidos contra as bactérias em estudo.

casos, ocorriam aglutinações muito bem sinalizadas, enquanto que em outros, elas não ocorriam. De acordo com os resultados demonstrados na Tabela 1, encontrou três padrões sanguíneos, que nomeou *A*, *B* e *O* (zero). O grupo *AB*, foi descoberto em 1902, pelos médicos Alfred Von DeCastello e Adriano Sturli, como já mencionado anteriormente. Assim, as isoaglutinações e os grupos sanguíneos foram apontados como a provável causa para reações hemolíticas transfusionais, quando doadores humanos ainda eram utilizados (Wiener, 1952; Wiener, 1969).

Tabela 1. Testes originais de Landsteiner com seis homens aparentemente saudáveis (Landsteiner, 1901).

Soro dos integrantes do laboratório	Hemácias dos integrantes do laboratório					
	1	2	3	4	5	6
1	-	+	+	+	+	-
2	-	-	+	+	-	-
3	-	+	-	-	+	-
4	-	+	-	-	+	-
5	-	-	+	+	-	-
6*	-	+	+	+	+	-

*Este indivíduo era o próprio Karl Landsteiner. Interessante notar que ele pertencia ao grupo *O*.

Landsteiner resumiu seus achados como descrito a seguir:

Os soros na maioria dos casos poderiam ser separados dentro de três grupos. Em muitos casos os soros do grupo *A* reagem com corpúsculos de outro grupo, *B*, mas não com grupo *A*; enquanto que o corpúsculo *A* é afetado da mesma maneira pelo soro *B*. Os soros do terceiro grupo (*C*) aglutinam corpúsculos de *A* e *B*, mas o corpúsculo *C* não é afetado pelo soro de *A* e *B*. Neste discurso, pode-se dizer que nestes casos pelo menos dois tipos diferentes de aglutininas estão presentes: um em *A*, outro em *B* e ambos juntos em *C*. Naturalmente os corpúsculos devem ser considerados insensíveis para as aglutininas que estão presentes no mesmo soro. [A aglutinação acima mencionada] ocorria mesmo com uma gota de sangue a qual eu sequei em um pedaço de tecido e dissolvi 14 dias mais tarde [...] Finalmente eu quero mencionar que as observações explicam as mutáveis consequências das transfusões sanguíneas em humanos. (Landsteiner, 1901, p. 30)

Após a descoberta, Landsteiner procurou conhecer a natureza e as causas da especificidade das reações imunológicas. Segundo Wiener (1969), a combinação antígeno-anticorpo pode ser explicada por meio da analogia chave-fechadura, criada pelo químico alemão Hermann Emil Fischer (1852-1919), em 1894. Ela foi introduzida na teoria imunológica pelo médico alemão Paul Ehrlich (1854-1915) de modo que, no soro de indivíduos do grupo *O*, não existem somente as chaves anti-*A* e anti-*B*, que se encaixam nas respectivas “fechaduras” dos antígenos eritrocitários *A* e *B*. Existe também uma “chave mestre”, de estrutura rudimentar, reativa para células, contendo um ou outro antígeno (aglutinogênio). Assim, Wiener utilizou dois aglutinogênios (*A* e *B*) com três isoaglutininas correspondentes (anti-*A*, anti-*B* e anti-*C*), ao invés de apenas duas (anti-*A* e anti-*B*), como Landsteiner presumiu para explicar as reações dos quatro grupos sanguíneos adequadamente.

Com a proposta do sistema *ABO* as transfusões tornaram-se procedimentos comuns. Contudo, mesmo utilizando doadores *ABO* compatíveis, em alguns casos, ocorriam reações hemolíticas transfusionais, impulsionando o surgimento de novas hipóteses e teorias.

4 PROBLEMAS TRANSFUSIONAIS INTRAGRUPU

A introdução na medicina clínica transfusional de testes para identificação dos grupos sanguíneos *ABO* em doadores possibilitou salvar muitas vidas. Tão preciso era o resultado que muitos médicos obtinham, que se atribuiu como condição única necessária para realização de transfusão, que o receptor e o doador pertencessem ao mesmo grupo sanguíneo *ABO*, e então reações transfusionais graves não deveriam ocorrer (Wiener, 1969).

Em 1921, o médico norte-americano Lester Unger (1888-1974) parece ter sido o primeiro a apontar a possibilidade de reações transfusionais intragrupo. Ele classificou as isoaglutininas⁴ em duas categorias, nomeadas isoaglutininas *major*, que seriam aquelas que definiram os quatro grupos sanguíneos, e aglutininas *minor*, que seriam aquelas que ocorrem raramente e as responsáveis por incompatibilidade sanguínea intragrupo. Unger insistiu que após um doador de grupo sanguíneo *ABO* apropriado ter sido encontrado, testes adicionais deveriam ser feitos para se analisar se o soro

⁴ Um anticorpo normalmente presente no soro de um indivíduo e que causa aglutinação nas hemácias de outro indivíduo da mesma espécie.

do receptor não aglutinava com as hemácias do respectivo doador (Wiener, 1969). Em 1922, noticiou a ocorrência de pequenos aglomerados de células em testes cruzados com sangues compatíveis, alertando para uma provável reação, caso a transfusão ocorresse. Desse modo, Karl Landsteiner, Philip Levine (1900-1987) e M. L. Janes estudaram alguns soros pós-transfusionais de pacientes que apresentavam essas aglutinações nos testes prévios, e encontraram uma isoaglutinina irregular, que *não estava relacionada ao grupo ABO*. Eles concluíram que os pacientes que receberam transfusões prévias sem reações, tornavam-se sensibilizados devido à presença de um antígeno no sangue do doador, mas ausente no sangue do receptor (Wiener, 1952).

Um segundo método de isossensibilização⁵, envolvendo as células do feto, foi sugerido por Philip Levine e Rufus E. Stetson (1886-1967) a partir de um caso único envolvendo uma mulher que havia dado a luz a uma criança morta, mas que não havia recebido nenhuma transfusão anteriormente. Durante a década de quarenta do século vinte, o processo transfusional tornou-se rotineiro, devido ao surgimento de muitos bancos de sangue. De acordo com Wiener (1969), os problemas com reações hemolíticas transfusionais intragrupo não poderiam ser ignorados. Contudo, uma solução para estes problemas somente foi possível a proposta do fator *Rh*.

5 O FATOR *RH*

Em 1937, Landsteiner e Wiener realizaram um estudo acerca da evolução dos aglutinogênios *M* e *N* em gorilas, orangotangos, chimpanzés e pequenos macacos. Wiener estava especialmente curioso e intrigado com os relatos conflitantes que perduravam na literatura: alguns afirmavam a presença de antígeno *M* nas hemácias de macacos *Rhesus* e outros relatavam a ausência desse antígeno nesses animais. Para resolver este problema Wiener e Landsteiner utilizaram uma técnica já anteriormente empregada para a produção de soro anti-*A*.

Previamente descobrimos que o soro anti-*A* poderia ser produzido pela injeção de sangue de carneiro em coelhos. Ocorreu-nos que com a continuidade desta linha de pesquisa, isto é, a injeção de sangue animal em coelho,

⁵ Sensibilização de um indivíduo por antígenos presentes em outro indivíduo da mesma espécie.

seria possível a obtenção de anti-soro para aglutinogênio, até aqui desconhecido no sangue humano. (Wiener, 1952, p. 374)

Baseados em demonstrações das propriedades dos aglutinogênios *M* no sangue de macacos, Landsteiner e Wiener (1937) empenharam-se na tentativa de produzir soro anti-*M* pela imunização de coelhos com sangue rhesus, e encontraram que um potente soro imune anti-*M* poderia ser obtido desta maneira. Percebeu-se que neste caminho era possível a obtenção de tipos de soros imunes específicos contra fatores sanguíneos humanos ainda desconhecidos, desde que estes fatores estivessem presentes no sangue do macaco (Wiener, 1943). Realmente, Wiener e Landsteiner tiveram sucesso na obtenção do soro imune anti-rhesus, injetando hemácias de macacos rhesus em coelhos. Perceberam que estes coelhos sensibilizados respondiam, havendo produção de soro com corpos imunes. Retiraram desse soro adquirido, os anticorpos *M* e *N* e o colocaram em contato com hemácias de macacos Rhesus, esperando que nenhuma reação ocorresse, já que o anticorpo que desencadeava as reações (anti-*M*) não estava mais presente no soro. De forma inesperada, quando misturaram os soros obtidos dos coelhos com hemácias de humanos selecionados de forma aleatória, obtiveram um reagente que era capaz de aglutinar com hemácias de 85% de caucasianos, independentemente do grupo *ABO* e dos fatores *M* e *N* (Wiener, 1969). Estes indivíduos foram chamados *Rh* positivo. Sendo assim, este mesmo soro não resultava em aglutinação com 15% de caucasianos, que foram chamados *Rh* negativo. A característica presente nas hemácias que determinava a aglutinação das células foi denominada fator *Rh*, ou aglutinogênio *Rh*, devido à maneira como foi descoberto, ou seja, com utilização de hemácias de macacos Rhesus (Unger, 1945).

É importante considerarmos a especificidade definida dos anticorpos contra seus respectivos antígenos, e então podemos perceber que o anticorpo originalmente observado, produzido contra antígenos *Rh* presente nas hemácias de macaco Rhesus, é diferente do anticorpo produzido contra os antígenos *Rh* presentes nas hemácias humanas, que acabou por receber essa nomeação (*Rh*) pelo uso habitual, sendo na verdade indevida (Wiener, 1969; Scott, 2004). Os anticorpos produzidos pelos coelhos contra os antígenos presentes nas hemácias do macaco Rhesus foram então nomeados anti-*LW* em homenagem a Landsteiner e Wiener (Scott, 2004). Em Landsteiner & Wiener (1940) podemos encontrar um exemplo das reações que os conduziram à existência do fator *Rh*, demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Soro imune para sangue Rhesus, absorvido com hemácias do indivíduo quatro. O soro adsorvido ainda aglutina a maioria das hemácias humanas, independentemente do tipo *M*, *N* ou *MN* (Landsteiner & Wiener, 1940).

Sangue (todos grupo 0)									
Tipo <i>M</i>				Tipo <i>N</i>			Tipo <i>MN</i>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Soro imune absorvido*									
+	+	+	0	0	+	+	+	0	+

* Sinal positivo (+) indica ocorrência de aglutinação. Zero (0) indica ausência de aglutinação.

A Tabela 3 apresenta a relação do fator *Rh* com as reações hemolíticas transfusionais. Por meio dela, podemos observar que quando o soro de pacientes com sangue do tipo *M*, *N* ou *MN* era colocado em contato com hemácias do grupo O selecionadas aleatoriamente e quando o soro imune anti-rhesus absorvido (soro com ausência dos anticorpos *M* e *N*) era colocado em contato com estas mesmas hemácias os resultados obtidos eram similares, ou seja, aquelas hemácias que deram reações positivas em relação ao soro dos pacientes também apresentaram o mesmo resultado em relação ao soro imune anti-rhesus absorvido. Isto mostra que, essas reações hemolíticas transfusionais eram realmente causadas pelo fator *Rh*, que uma vez presente, desencadeava a produção de anticorpos anti-*Rh*, causando as reações transfusionais. Assim, a sensibilização pelo fator *Rh* foi considerada a causa da grande maioria das reações transfusionais intragrupo e a chave do mistério da eritroblastose fetal⁶ (ver Wiener, 1969).

Diferentemente do que ocorre com os fatores *A* e *B*, a aglutinina anti-*Rh*, que reage com as células *Rh* positivas, não é herdada. Sua formação ocorre após a imunização ativa ou passiva. O mecanismo de aquisição é semelhante àquele pelo qual Landsteiner e Wiener produziram estas aglutininas em coelhos, pela injeção de hemácias Rhesus, onde a base do processo é o contato (Unger, 1945). Segundo Unger (1945) as aglutininas anti-*Rh* podem ser produzidas de duas maneiras: a primeira ocorre através de repetidas transfusões sanguíneas, onde o paciente *Rh*-negativo recebe sangue

⁶ Doença ocasionada pela incompatibilidade do sistema *Rh* entre mãe e feto. Ocorre quando o sangue fetal *Rh* positivo entra em contato com o sangue materno *Rh* negativo, desencadeando a produção de anticorpos anti-*Rh* pela mãe.

Tabela 3. Primeira demonstração da relação do fator Rh com reações hemolíticas transfusionais (Wiener, 1969).

Todos sangues do grupo 0	Tipo M				Tipo N				Tipo MN					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Testes feitos com soro do paciente*	++	++	-	+++	++	-	++	++	+++	-	++	++±	+++	-
Soro imune anti-rhesus, diluído 10X e absorvido com metade do volume de sedimentação de n° 14.	P	P	N	P	P	N	P	P	P	N	P	P	P	N

* O sinal positivo (+) indica presença de aglutinação. O sinal negativo (-) indica ausência de reação de aglutinação. O sinal ± indica reação de aglutinação moderada.

Rb-positivo, o que pode resultar no processo de sensibilização. Para ele, a sensibilização ocorre em aproximadamente um em quarenta casos, ou seja, não seriam necessariamente todos os indivíduos *Rb*-negativo que recebem sangue *Rb*-positivo afetados. O segundo modo pelo qual aglutininas anti-*Rb* podem ser produzidas, envolve um mecanismo de imunização ativa durante a gravidez, que resulta na eritroblastose fetal.

Anteriormente a descoberta do fator *Rb*, embora a causa da eritroblastose fetal fosse desconhecida, já era sabido que mães de crianças possivelmente eritroblásticas apresentavam uma incidência maior de abortos espontâneos em relação à incidência normal, e suspeitou-se de um mecanismo que operaria antecipadamente ainda durante o período fetal (Levine, 1943, p. 71).

Em 90% dos casos de eritroblastose fetal o sangue da mãe não se aglutina quando em contato com um soro anti-*Rb*, mostrando que o sangue da mãe é *Rb*-negativo. Este valor é contrastante com a incidência de 15% de indivíduos *Rb*-negativo na população geral. Neste volumoso grupo de mulheres *Rb*-negativo, como condição para ocorrência de eritroblastose fetal, 100% dos homens (maridos) e crianças afetadas são *Rb*-positivo. O mecanismo pelo qual a doença é gerada inclui a penetração de uma quantidade suficiente de sangue *Rb*-positivo do feto na circulação sanguínea materna *Rb*-negativo, estimulando a mãe a produzir anticorpos anti-*Rb* (Levine, 1943, p. 71).

Levine (1943) e seus colaboradores mostraram que durante a gravidez, se os anticorpos anti-*Rb* produzidos por uma mãe sensibilizada atravessarem as barreiras placentárias e penetrarem na circulação do feto, este será afetado (pois suas hemácias contêm o antígeno *Rb*, em que os anticorpos irão se ligar e desencadear reações) podendo ocorrer reações hemolíticas intra-uterinas, aborto espontâneo, ou após o nascimento a criança poderá mostrar alguns sintomas da doença, de acordo com a gravidade. Com a análise dos dados obtidos acerca da eritroblastose fetal, Unger (1945) afirma que neste caso, se a criança necessitar de transfusão, deve somente ser administrado sangue *Rb* negativo, mesmo a criança sendo *Rb* positivo. O motivo para este procedimento, diante dos fatos apresentados pelas pesquisas de Levine e Unger, é claro e simples: a criança tendo recebido aglutininas anti-*Rb* de sua mãe, hemolizará não somente seu próprio sangue, mas também aquele recebido de um doador *Rb*-positivo, que contém o aglutinogênio *Rb* em que as aglutininas presentes no soro da criança irão se ligar desencadeando reações imunológicas.

Nesse caso, o pai não deverá ser o doador de sangue para a criança, por ser *Rb* positivo, e nem a mãe, uma vez que, o sangue dela contém as aglutininas anti-*Rb*. Quando existem as condições para ocorrência da eritroblastose fetal, a sensibilização da mãe parece ser resultado da primeira gravidez, mas o primeiro filho usualmente é normal. Durante a segunda gravidez e as subseqüentes, os resultados dessa sensibilização tornam-se evidentes, aumentando em severidade a cada gravidez sucessiva (Unger, 1945).

Unger (1945, p. 689) propôs a seguinte pergunta: “Uma vez que uma mulher é sensibilizada, inevitavelmente ela será incapaz de gerar uma criança normal?” Ele respondeu a esta questão com base na herança genética mendeliana. Ele afirmou que a presença do fator *Rb* é condicionada por um par de genes, denominados de *R* (dominante) e *r* (recessivo) que segregam-se de acordo com a primeira lei de Mendel. Assim, o indivíduo *Rb* positivo possui o genótipo *RR* ou *Rr* e o indivíduo *Rb* negativo possui o genótipo *rr*. Um casal, cuja mulher é *Rb* negativa (genótipo *rr*) e o marido é *Rb* positivo (genótipo *RR*), todos seus filhos serão *Rb* positivo (genótipo *Rr*). Quando o marido é portador do genótipo *Rr* e a mulher é portadora do genótipo *rr*, a probabilidade de nascer uma criança com genótipo *rr* é de 50%.

Tendo em vista a hereditariedade do fator *Rb*, salientamos a importância dos exames sangüíneos pré-nupciais para predizer a possibilidade de ocorrência da eritroblastose fetal.

Até meados da década de quarenta, podemos perceber pelos artigos analisados nesse estudo, que não se conhecia o modo de anular a sensibilização causada pelo fator *Rb* fetal em mães *Rb* negativo. De acordo com Unger (1945), a infusão de sangue *Rb* negativo em igual quantidade ao sangue *Rb* positivo recebido pelo paciente era até então uma tentativa utilizada. Uma outra forma, segundo Unger, constava da recomendação de uma dieta contendo alta quantidade de vitamina antiescorbútica, pois se acreditava que esta reduzia a permeabilidade da placenta, prevenindo a passagem de aglutininas anti-*Rb* da mãe para a criança. Unger (1945) cita também a utilização de uma vacina tifóide, com o argumento de que quando um indivíduo é exposto simultaneamente a dois antígenos eles competem um com o outro para produção de anticorpos. Aquele que estimular a produção de anticorpos mais facilmente é bem sucedido, enquanto o outro falha. Assim, desde que a vacina tifóide produza facilmente anticorpos e o fator *Rb* encontre maior dificuldade, a esperança é que o fator *Rb* entre em competição com a vacina tifóide e a última obtenha sucesso, e então as

aglutininas anti-*Rb* não serão produzidas no sangue da mãe e a criança apresentará desenvolvimento normal. Para Unger,

O melhor caminho para se evitar o desenvolvimento de aglutininas anti-*Rb* é prevenir aqueles que são suscetíveis a exposição do fator *Rb*. Para seguir esta conclusão lógica – uma mulher *Rb*-negativa deveria casar-se somente com um homem *Rb*-negativo. Mas, é claro, isto é impraticável. (Unger, 1945, p. 689)

O mesmo princípio utilizado no caso da eritroblastose fetal aplica-se às repetidas transfusões, em que, para se evitar o desenvolvimento de aglutininas anti-*Rb*, somente sangue *Rb*-negativo deve ser dado aos pacientes *Rb*-negativo. Mas, como Unger (1945) esclareceu, seguindo-se esta regra, em muitos casos a vida do paciente pode ser colocada em risco, já que a disponibilidade de sangue *Rb*-negativo é menor. Se um paciente *Rb*-negativo foi sabidamente exposto ao antígeno *Rb* e não demonstrou nenhuma manifestação de significado clínico, este pode ser considerado um indivíduo que não é facilmente sensibilizado, provavelmente podendo receber sangue *Rb*-positivo. Entretanto, a sensibilização pode estar presente e seus efeitos serem manifestados posteriormente.

6 CONCLUSÕES

Com este estudo histórico, percebemos que as idéias que nortearam a proposta do fator *Rb* não estavam prontas ou surgiram de forma repentina, mas foram resultados de um acúmulo de conhecimentos acerca da estrutura protéica, das individualidades sorológicas e das reações envolvidas entre antígenos e anticorpos. O conhecimento da causa das reações transfusionais intragrupo não surgiu de forma inesperada e não foi fruto de produção de único indivíduo, mas passou por dificuldades e tentativas, em que houve a construção de conceitos, que foram desenvolvidos de modo gradual e lento, apresentando muitas mudanças e contando com a participação de vários indivíduos ao longo de vários anos.

De modo geral, autores de livros didáticos têm dificuldades de acesso às fontes primárias, pois estas se encontram na maioria das vezes em bibliotecas universitárias no Brasil e no exterior. Além disso, temos que considerar as barreiras da língua, pois dependendo do período, as fontes primárias estão em latim. Outro aspecto a ser ressaltado é a inviabilidade de aprofundar historicamente todos os conceitos apresentados nos livros didáticos.

Uma observação que demonstra a carência de fontes de consulta confiáveis para os autores de livros didáticos é que certos erros históricos e conceituais são coincidentes nas diversas coleções. Por exemplo, livros didáticos de física trazem um relato sobre o experimento da torre de Pisa realizado por Galileu. Fontes históricas apontam que este experimento nunca foi realizado. Outro exemplo é o discutido por este trabalho. Uma maneira de minimizar as distorções e equívocos históricos, seria uma colaboração entre historiadores da ciência e pesquisadores em ensino de ciência, para a produção e disponibilização de materiais de divulgação científica aos autores de livros didáticos e também aos professores. Para estes últimos, o material de apoio teria dois aspectos relevantes: alertá-los sobre as distorções históricas mais comuns e a preservação da autonomia, uma vez que poderão escolher os temas a serem aprofundados historicamente em sala de aula para discutir os aspectos da ciência apontados no primeiro parágrafo desta conclusão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Elaine Sandra Nabuco de; CALUZI, João José; CALDEIRA, Ana Maria Andrade. Divulgação e cultura científica. Pp. 16-32, in: ARAÚJO, Elaine Sandra Nabuco de; CALUZI, João José; CALDEIRA, Ana Maria Andrade (orgs.). *Divulgação científica e ensino de ciências: estudos e experiências*. São Paulo: Escrituras, 2006.
- BROWN, Harcourt. Jean Denis and transfusion of blood: Paris, 1667-1668. *Isis* **39**: 15-29, 1948.
- DONOVAN, Arthur J. Richard Lower, M. D., physician and surgeon (1631-1691). *World Journal of Surgery* **28**: 938-945, 2004.
- GEWANDSZNAJER, Fernando. *Ciências nosso corpo*. 2. ed. São Paulo: Editora Ática, 2004.
- GUERRINI, Anita. The ethics of animal experimentation in seventeenth-century England. *Journal of the History of Ideas* **50** (3): 391-407, 1989.
- HUGHES-JONES, N. C.; GARDNER, Brigitte. Historical review. Red cell agglutination: the first description by Creite (1869) and further observations made by Landois (1875) and Landsteiner (1901). *British Journal of Haematology* **119**: 889-893, 2002.
- LANDSTEINER, Karl. Ueber Agglutinationserscheinungen normalen menschlichen Blutes. *Wiener klinische Wochenschrift* **14**: 1132-1134, 1901. Foi utilizada a tradução: On agglutination phenomena of normal human blood. Pp. 27-31, in: BOYER, Samuel H. (ed.). *Papers on human*

- genetics*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1963.
- LANDSTEINER, Karl; WIENER, Alexander Solomon. On the presence of *M* agglutinogens in the blood of monkeys. *The Journal of Immunology* **33** (1): 19-25, 1937.
- . An agglutinable factor of human blood recognizable by immune sera for rhesus blood. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* **43**: 223, 1940.
- LEVINE, Philip. Serological factors as possible causes in spontaneous abortions. *The Journal of Heredity* **34**: 71-80, 1943.
- LINHARES, Sérgio de Vasconcellos; GEWANDSZNAJER, Fernando. *Biologia*. 1. ed. São Paulo: Editora Ática, 2004 (a).
- . *Biologia hoje*. 11. ed. Volume 3. São Paulo: Editora Ática, 2004 (B).
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. A história da ciência e o ensino da biologia. *Ciência e Ensino* (5): 18-21, 1998.
- MALUF, Noble Suydam R. History of blood transfusion. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* **9**: 59-107, 1954.
- PAULINO, Wilson P. *Biologia*. 9. ed. São Paulo: Editora Ática, 2006.
- SCHWARZ, Hans Peter; DORNER, Friedrich. Historical review: Karl Landsteiner and his major contributions to hematology. *British Journal of Haematology* **121**: 556-565, 2003.
- SCOTT, Marion L. The complexities of the *Rb* system. *Vox Sanguinis* **87**: 58-62, 2004.
- UNGER, Lester J. The *Rb* factor. *The American Journal of Nursing* **45** (9): 688-690, 1945.
- WIENER, Alexander Solomon. Evolution of the human blood group factor. *The American Naturalist* **77** (770): 199-210, 1943.
- . History of the rhesus blood types. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* **7** (4): 369-383, 1952.
- . Karl Landsteiner, M. D. History of *Rb*-Hr blood group system. *New York State Journal of Medicine* **69** (22): 2915-2935, 1969.

Historia y bemoles del movimiento del diseño inteligente

Daniel Blanco*

1 INTRODUCCIÓN

Aunque varias de las múltiples aristas del así llamado “Movimiento del Diseño Inteligente” (en adelante, MDI) parecen exigir tratamiento, por razones de espacio decidimos evitar algunas cuestiones ligadas al mismo, que suelen ser subrayadas por otros autores. Así:

(1) Obviaremos el origen de la argumentación a la hora de considerarla. A pesar de que creo saludable tomar las cosas como de quien viene, a la vez que los orígenes de un movimiento arroja luz respecto de las motivaciones que provocaron su creación (de modo que sí hablaremos de sus raíces), la argumentación simplemente no pierde peso alguno porque no nos resulte simpática la ideología del argumentador, y ambas cosas (origen del argumento y su evaluación) corresponden a cuestiones que corren por carriles distintos. Rechazar una argumentación por su origen es simplemente no atinente.

(2) Obviaremos la arista legal-político-institucional que ha adquirido el debate en torno a este movimiento. Esta es una cuestión especial, pero no exclusivamente, estadounidense cuya historia nace en los años 1920, con la ley John Washington Butler (y similares) y el consiguiente “caso Scopes” (por John Thomas Scopes) continuándose hasta hoy (Grabiner & Miller, 1974; Larson, 1998, pp. 247-266). Aunque la agenda política constituye a

* Estudiante de doctorado de la UNTREF (Universidad Nacional de Tres de Febrero); IEC (Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes); UADER (Universidad Autónoma de Entre Ríos); CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Dirección postal: Urquiza 2647 2° 21, (1602) Florida, Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: dblanco@unl.edu.ar

mi juicio una cuestión que no puede ser ignorada en un tratamiento exhaustivo (además de proporcionar una renovada oportunidad para los filósofos de la ciencia de inmiscuirse en un tema de creciente relevancia social), preferimos evitarla aquí por cuestiones de espacio, además de que simplemente no es cierto que los defensores del Movimiento del Diseño Inteligente se vuelquen corporativamente a favor de la incorporación de sus propias ideas en las clases de ciencia en la educación pública. En verdad, la cruzada educativa muchas veces fue generada por individuos que no tienen participación activa en la discusión intelectual (sino más bien por simpatizantes de las partes), y hasta Johnson dijo desde un principio no estar de acuerdo con ella. Aunque Michael Behe accedió a declarar en el reciente (2005) caso en Dover (Kitzmiller y otros vs. *Dover Area School District*), Dembski y el *Discovery Institute* no estuvieron detrás de la escalada legal aludida. De hecho, Behe mismo se manifestó en contra de la anterior propuesta en Kansas (1999) de excluir a la teoría evolutiva como contenido obligatorio y evaluable (Behe, 1999b).

(3) Salvo breves comentarios, obviaremos la agenda contra el naturalismo. Esto hará que ignore casi por completo las declaraciones de Phillip Johnson, William Dembski y Alvin Plantinga al respecto (Jonson, 1995a; *idem*, 1995b; *idem*, 1997; Dembski, 1999; Plantinga, 1998a; *idem*, 1998b). Esto puede verse como una lectura caritativa de mi parte hecha en beneficio del argumento, puesto que está claro que el “diseñador” es para casi todos en el Movimiento del Diseño Inteligente una entidad personal sobrenatural. Sin embargo, y como espero sustentar, creo que nada exige que el diseño inteligente involucre la sobrenaturalidad. Se puede adherir a la búsqueda de un criterio para detectar diseño inteligente sin rechazar al naturalismo metodológico.

Como resultado de este recorte, nuestra presentación se concentrará en:

- (1) Presentar una breve historia de los orígenes del Movimiento del Diseño Inteligente.
- (2) Identificar aseveraciones constitutivas del movimiento, en particular aquella que sitúa al “darwinismo” (en tanto proceso que se aprovecha de mecanismos ciegos – no intencionados – y exclusivamente naturales para explicar el origen y diversificación de la vida) como el enemigo a vencer.
- (3) Evaluar la efectividad de las supuestas estructuras de “complejidad irreducible” para inferir diseño inteligente.

2 BREVE HISTORIA DEL MOVIMIENTO DEL DISEÑO INTELIGENTE

2.1 Antecedentes

El Movimiento del Diseño Inteligente nace con la publicación de tres libros, el primero de los cuales fue *The mystery of life's origins*, de Charles B. Thaxton, Walter L. Bardley, y Roger L. Olsen. Esta obra ve la luz en 1984 (ver bibliografía), año que se sitúa entre dos eventos judiciales relevantes vinculados con el así llamado “creacionismo científico” en Norteamérica y el intento de incluirlo en un “tratamiento equilibrado” paralelo y en oposición a la teoría de la evolución:

- (1) el caso *Maclean vs. Arkansas Board of Education* en Little Rock (1981-1982), famoso porque la resolución del juez William R. Overton (1939-1987) se basó (Overton, 1982) en los dichos de Michael Ruse, cuyo testimonio por la acusación dispararía posteriormente un rico debate epistémico con Larry Laudan respecto de si el creacionismo no debe ser enseñado porque no es ciencia debido a que es infalsable, o si el creacionismo no debe ser enseñado porque si bien sí es científico, ha sido refutado (Laudan, 1984; *idem*, 1988a; *idem*, 1988b; Ruse, 1984a; *idem*, 1984b; *idem*, 1988a; *idem*, 1988b; *idem*, 1988c); y
- (2) la resolución definitiva de una controversia similar por parte de la suprema corte en 1987 (*Edwards vs. Aguillard*).

El segundo libro salió en 1989, y se tituló *Of pandas and people*, escrito por Dean H. Kenyon y Percival Davis (ver bibliografía).

Pero ambas obras probablemente hubieran pasado prácticamente inadvertidas de no ser por la incursión en el tema de Phillip E. Johnson, abogado y profesor hoy retirado de la Universidad de Berkeley. Durante 1987, año que pasó en Inglaterra, Johnson se familiarizó con numerosas obras sobre evolución desde una hermenéutica no comprometida con el literalismo bíblico. Las primeras de ellas fueron *The blind watchmaker* de Richard C. Dawkins y *Evolution, a theory in crisis* de Michael Denton. Al regresar a California, en agosto de 1988, preparó un escrito (“Science and scientific naturalism in the evolution controversy”, vea Woodward, 2003, pp. 214-217) que fue distribuido a varios profesionales, y sobre el cual se realizó en Berkeley, al mes siguiente, un encuentro para debatir su contenido. Entre otros, asistieron Thomas Duncan (botánico), David Lyons (filósofo de Cornell), Jeremy Waldron (filósofo de Oxford), Sherwood Washburn (antropólogo), y, por sugerencia del historiador de la ciencia William B. Provi-

ne, Montgomery Slatkin (zoólogo de Berkeley). La depuración de ese escrito a partir de las notas que tomara Johnson en ese encuentro, fue lo que culminó convirtiéndose, a su tiempo, en el tercer libro del que hablamos, *Darwin on trial* (Johnson, 1995a).

A fines de 1989, Johnson viajó a Boston para participar (junto a varios expertos) de una discusión respecto del problema del creacionismo y la ciencia en la educación. Asistieron al evento, entre otros, Owen J. Gingerich, David M. Raup, Gareth J. Nelson, Provine, y los ya desaparecidos Thomas H. Jukes, Langdon B. Gilkey, y Stephen J. Gould. Johnson envió copias de un texto (reproducido en Woodward, 2003, pp. 218-224) manifestando por anticipado su posición a todos los que asistirían al evento, de modo que en la ocasión pudiera recibir reacciones a su trabajo. Thomas Woodward afirma que las mismas no se hicieron esperar, destacándose la estruendosa crítica de Gould que desató una discusión con Johnson frente a todos los asistentes de casi una hora (Woodward, 2003, pp. 79-84).

En febrero de 1990, una veintena de individuos que luego serían, en su mayoría, los miembros fundadores del Movimiento del Diseño Inteligente y de su institución “madre”, el *Discovery Institute* (abierto en 2001), se reunieron en Oregon. Johnson aún estaba preparando su libro, y Thaxton le aconsejó que no se limitara a realizar una detracción del darwinismo, sino que presente al “diseño inteligente” como una alternativa superadora al mismo. Johnson, siguiendo la misma línea de Denton, prefirió no hacerlo, y *Darwin on trial*, publicado en 1991, se limitó a una estrategia meramente crítica.

La obra tuvo una enorme repercusión, y fue revisada en varios periódicos prestigiosos como *Science* (Anónimo, 1991); *Nature* (Hull, 1991); *Journal of Molecular Evolution* (Jukes, 1991); y *Scientific American* (Gould, 1992). En su segunda edición (1993) Johnson incluyó una respuesta a la réplica de Gould que *Scientific American* se negó a publicar (“The religion of the blind watchmaker”). Poco después de que el libro saliera a la venta, Johnson comenzó a debatir en diversos auditorios con sendos representantes del sentir darwinista tales como William Provine, K. John Morrow, Fred Grinnel, Eugenie Scott, Arthur Shapiro, Kenneth R. Miller, Howard J. Van Hill, Michael Ruse, Niles Eldredge, y otros. Esto sucedió ininterrumpidamente hasta 2001, cuando sufrió un accidente cerebro vascular que lo recluyó casi por completo de la arena del debate.

Pero no fue sino hasta 1996, con la aparición de *Darwin's black box*, que el Movimiento del Diseño Inteligente captó el interés masivo de la comunidad científica y de varios filósofos de la ciencia (Coyne, 1996; Pomian-

kowski, 1996; Blackstone, 1997; Cavallier-Smith, 1997; Doolittle, 1997; George, 1998; Vella, 1999; Martins, 2001; Pigliucci, 2005; y Rosenhouse, 2002). La razón de esta erupción fue probablemente el hecho que la obra no sólo critica al darwinismo, sino que a la vez propone al diseño inteligente como alternativa *científica* rival.

Su autor, Michael Behe, completamente convencido (y a diferencia de Johnson) del monofiletismo, sostiene que el diseño inteligente es empíricamente detectable particularmente a partir de estructuras que manifiestan una (así llamada por él mismo) “complejidad irreducible” (Behe, 1999a), y que por lo tanto el que algo sea o no inteligentemente diseñado es una cuestión que puede discutirse y resolverse en el ámbito de las ciencias empíricas.

Hace unos meses, vio la luz *The edge of evolution*, la nueva obra de Behe que apunta en la misma dirección que su libro anterior. Hasta la fecha, la misma ha recibido varias revisiones críticas negativas en publicaciones tales como *The Globe and Mail* por parte de Ruse (2007); *Science*, por parte de Sean Carroll (2007); *The New Republic*, por parte de Jerry Coyne (2007); *The New York Time* por parte de Dawkins (2007); *Trends in Biochemical Sciences*, por parte de Barbara Forrest y Paul Gross (2007); y *Nature*, por parte de Kenneth Miller (2007). Behe respondió públicamente a ellas a través de Internet.

El otro autor representativo del Movimiento del Diseño Inteligente es el filósofo y matemático William A. Dembski. Dembski propuso un método probabilístico de estrategias bayesianas que permitiría detectar objetos diseñados inteligentemente (“complejidad específica”) (Dembski, 1998; *idem*, 1999; *idem*, 2002; Fitelson *et al.*, 1999; Wilkins & Elsberry, 2001; Rosenhouse, 2002).

Otros importantes referentes del movimiento son: William L. Craig, Percival Davis, Mark Hartwig, James P. Moreland, Nancy Pearcey, Jonathan Wells, John M. Reynolds, Dean H. Kenyon, Paul Nelson (*alias* Peter Gordon), y Stephen C. Meyer.

En los últimos diez años, el caudal de libros a favor o en contra del movimiento ha alcanzado un nivel que desafía una lectura exhaustiva de los mismos (más respecto a la historia del Movimiento del Diseño Inteligente se encuentra en Blanco, 2007; Numbers, 2006, pp. 373-398).

2.2 Agenda

El alegato de la “teoría” del diseño inteligente es simple y concreta: hay buenas razones para pensar que la emergencia de ciertos sistemas se expli-

ca mejor por la intervención deliberada de un diseñador inteligente que por la acción exclusiva de la selección natural. Esta conclusión se basa en la estructura física y las propiedades funcionales de dichos sistemas, las cuales son, se nos dice, empíricamente diagnosticables.

A mi juicio la adhesión a esta afirmación es lo propio del grupo, puesto que es sólo en otras aseveraciones más fuertes donde aparecen los disensos internos. Una de ellas es lo que Johnson llamó la estrategia “*the wedge*” (Johnson, 1997, pp. 84-96; *idem*, 2000). En la misma, la ofensiva contra el darwinismo no constituye más que la punta del iceberg de un proyecto (político) mucho más ambicioso que pretende reintroducir perspectivas teístas al discurso científico. La crítica básica consiste en señalar que la confianza en la teoría darwiniana reside principalmente en un compromiso con lo que Paul de Vries llamó “naturalismo metodológico” (De Vries, 1986; Numbers, 2006, pp. 376-377). Para Johnson, tal aspecto de la indagación obliga a rechazar ciertas hipótesis *a priori*, sin necesidad de refutarlas (Johnson, 1995a; *idem*, 1995b; Peterson, 2002). Es este inconformismo con el naturalismo (sumado al matiz antirreligioso en nombre del darwinismo en el discurso de autores identificados con él) lo que confiere al debate el tono religioso más explícito.

Como dije en la introducción, creo que uno bien puede adherir al encuentro de un criterio para encontrar diseño inteligente sin por eso poner en riesgo al naturalismo. Dawkins y Stuart Kauffman convincentemente aluden a esto: el que sostengamos que la vida en la Tierra fue diseñada inteligentemente, sólo traslada el problema del origen del diseñador (es decir, el diseñador también debe tener una historia), el cual (de no haber sido diseñado del mismo modo) podrá atribuirse legítimamente (y así, sería la explicación última) a la selección natural (Dawkins, 2006, pp. 101-106; Kauffman, 2006, pp. 169-170).

Por último, es importante marcar el carácter ecuménico del Movimiento del Diseño Inteligente. Esto se da en virtud de una flexibilidad que lo capacita para abrigar en su seno a posiciones muy disímiles entre sí, probablemente (1) por haber sacado a la Biblia de la discusión (abierto), (2) por no manifestarse corporativamente sobre la identidad del diseñador, y/o (3) por no resolver si considera a la macro-evolución y al monofiletismo como hechos históricos o no. De este modo, el MDI es compatible con (pero no equivalente a) el creacionismo convencional, dado que el rechazo a la evolución no es parte constitutiva del movimiento. Dado lo atemperado de sus afirmaciones, el MDI se ahorra discusiones internas, unificando fuerzas contra el “enemigo” común.

Por razones como éstas, resulta que las evidencias que históricamente se han utilizado para contrarrestar a creacionistas más conservadores son inocuas para el Movimiento del Diseño Inteligente, lo cual demandó una nueva ofensiva de parte tanto de científicos como de filósofos de la ciencia que decidieran incorporarse a la discusión.

3 COMPLEJIDAD IRREDUCIBLE Y DISEÑO INTELIGENTE

La primera vez que le comenté a un colega amigo la argumentación de Behe, diciéndole que para él (y entre otras cosas) el mecanismo de la coagulación sanguínea es una estructura diseñada inteligentemente, mi amigo reaccionó diciendo algo así como “¿Y qué hizo el diseñador? ¡Ah! La coagulación sanguínea”.

Pienso que la reacción de mi amigo fue lógica frente a la información que le di, pero en realidad creo que fui injusto, y que caricaturicé un poco en mi descripción.

Creo que la gente involucrada con el Movimiento del Diseño Inteligente no diría unánimemente que el diseñador aludido (sea quien sea) actuó episódicamente, ocupándose de detalles del tipo que encontramos en la coagulación sanguínea, para dejar a la naturaleza el resto del trabajo (Coyne, 1996, en contrario). En realidad, creo que más bien diría que la acción del diseñador dejó “marcas” detectables empíricamente, y que el caso aludido es un ejemplo de ella.

En verdad, suele decirse algo similar de la selección natural. Después de todo, ella tiene la capacidad de explicar casos tanto de diseño óptimo (en el sentido de rasgos que no son reemplazados en la población), como subóptimo. Pero tal cosa parece no tener mayor importancia a la hora de contrastar ambas propuestas mientras el Movimiento del Diseño Inteligente no rechaza el que la evolución por selección natural de hecho modelara rasgos. Como vimos, el movimiento no niega que la selección natural es una explicación satisfactoria para la emergencia de características particulares (sin importar su “adecuación”). A su vez, el MDI afirma que la actividad inteligente e intencional no tiene porqué coincidir con “lo que yo hubiera hecho en su lugar”, por lo que tal acción inteligente no demanda (índefectiblemente) el encuentro de estructuras óptimas. Esta cuestión parece ser desestimada (a mi juicio equivocadamente) por muchos autores que abordan este tema, cuando argumentan que el diseño inteligente no debería aceptarse en tanto que los diseños subrayados por el MDI no parecen haber sido hechos del modo en que uno mismo lo hubiese realizado si

estuviera en el lugar del diseñador, al encontrarse por doquier estructuras imperfectas (note por ejemplo, Ayala, 2007, pp. 157-162). Este tipo de críticas olvida que la poca calidad del diseño no basta para rechazar una acción inteligente, del mismo modo que una estructura óptima no basta para rechazar a la selección natural como el mecanismo que le dio origen. De hecho, el mismísimo William Paley notó que un reloj puede atrasar o ni siquiera funcionar, pero no por eso uno dejará de pensar en un relojero para explicar su aparición (Paley [1802], 1917, pp. 44-45). Nuevamente: estas imperfecciones podrán ser efectivamente un problema si se decide vincular al diseñador con un Dios omnipotente y bondadoso, pero esa es una cuestión teológica evitable siempre y cuando las afirmaciones del MDI se aparten de un discurso religioso

Dejando esta cuestión de lado, creo que el aspecto más interesante de este tema tiene que ver con la pretensión de parte del Movimiento del Diseño Inteligente de que la acción del diseñador dejó “huellas” de su actividad, de modo que podemos concluir empíricamente que efectivamente tal actividad tuvo lugar. Ahora bien, ¿cómo se pueden detectar tales “huellas” de la acción inteligente? El movimiento ha propuesto dos maneras: una es a través de un así llamado “filtro” que permitiría inferir el diseño inteligente (Dembski, 2002); y la otra, a través de la identificación de estructuras o mecanismos que poseen una naturaleza tal que la selección natural no podría haberlos construido (Behe, 1999a). Ambos casos merecen un tratamiento individual, y nosotros nos limitaremos aquí a considerar el último (un tratamiento crítico al argumento de Dembski se encuentra en Fitelson *et al.*, 1999).

El eje de la obra de Behe es una cita que aparece en *El origen de las especies* que parece una valiente invitación a la falsación de su teoría. La misma reza:

Si se pudiera demostrar que existió un órgano complejo que no pudo haber sido formado por modificaciones pequeñas, numerosas y sucesivas, mi teoría se destruiría por completo; pero no puedo encontrar ningún caso semejante. (Darwin [1872], 1995, p. 227)

En su propio campo de especialización, Behe sostiene haber encontrado varios ejemplos de tales casos, a los que caracteriza como irreductiblemente complejos (todos a nivel bioquímico, en la célula, la “caja negra de Darwin”). Algunos de los casos concretos mencionados son el flagelo bacteriano, el transporte entre membranas, el sistema inmunológico, y la coagulación sanguínea).

Creo que el razonamiento de Behe puede ser reconstruido del siguiente modo:

P₁: Podemos decidir empíricamente que hay diseño inteligente en la naturaleza.

P₂: Una forma de detectar diseño inteligente es encontrando estructuras del tipo irreduciblemente complejas.

P₃: En el ámbito molecular, hemos dado con estructuras irreduciblemente complejas.

C: Hay diseño inteligente en la naturaleza.

P₁ se sigue claramente de P₂, y por esta razón, y para lo que interesa a la evaluación del razonamiento de Behe, P₁ es superflua. Hicimos la distinción simplemente para notar que partiendo de P₁, y reemplazando P₂ y P₃ por la propuesta de Dembski, igualmente se llegaría a la misma conclusión. Más: aún cuando las propuestas de Behe y Dembski resulten insatisfactorias, eso no invalida que exista una manera de detectar diseño inteligente, lo cual es consistente con decir que uno puede descartar P₂ sin cuestionar por ello P₁.

El problema con este razonamiento es que uno no necesariamente estará dispuesto a aceptar sin más al menos las últimas dos premisas. Si esto es así, Behe nos pide que supongamos algo de lo cual todavía se nos tiene que convencer (no que el razonamiento sea circular por incluir la conclusión en las premisas, sino que simplemente se nos demanda más de lo que queríamos conceder sin la introducción de mayor información).

Creo que se entenderá mejor esta remisión a aceptar las aseveraciones aludidas si elucidamos en qué está pensando Behe cuando habla de estructuras de “complejidad irreducible”.

Una entidad es irreduciblemente compleja si su utilidad funcional obedece a un grupo de componentes (a veces numeroso) actuando de manera orquestada. Dichos componentes, si bien podrían haber aparecido individualmente, nunca su preservación podría haberse visto (probabilísticamente) favorecida por la selección natural, porque la utilidad del mismo sólo aparece cuando la estructura está totalmente conformada, y no antes. Behe habla de sistemas de componentes tan íntimamente integrados que no podrían haber sido reunidos adecuadamente en un proceso gradual de sumatorias de partes que favorezca la retención de cada adición a cada paso, como sucedería en la evolución por selección natural.

El punto es que la evolución por selección natural no puede generar un dispositivo que sólo después de ensamblado se torne “más adecuado” en comparación con organismos que no lo poseen, porque la selección puede

distinguirlo sólo cuando la variación *ya es* favorable. Esto es así porque el éxito de una modificación se mide en términos de su preservación, lo cual depende de desempeños. Si la alteración o supresión de una parte afecta la tarea de todo el dispositivo, éste no se verá favorecido por la selección natural.

Este razonamiento no es nuevo. En realidad, aparece de un modo similar ya en *Natural theology*. Dice Paley:

Las partes que componen [el reloj] han sido hechas unas para otras y con determinado objeto [señalar las horas] [...] si sus piezas tuviesen diversa estructura, o fuesen colocadas de otro modo, no se lograría el fin de su construcción [...] Forzoso es que esta máquina sea obra de uno o de muchos artífices [...] ¿Se daría nadie por satisfecho con que para explicarle la existencia de esta máquina se le dijese que naturalmente tienen todas las cosas un principio de orden, y que este principio de orden dio su forma a las piezas del reloj y las colocó en su propio lugar? ¿Puede concebir alguien una idea exacta de un principio de orden que forme un reloj sin intervención de un artífice inteligente? (Paley, [1802], 1917, pp. 17-19)

Por esta similitud, suele caracterizarse al Movimiento del Diseño Inteligente como un movimiento que procura reinstaurar el argumento del diseño al estilo de Paley (un tratamiento detallado del argumento del diseño y sus matices – en varios autores, William Paley, David Hume y Imanuel Kant incluidos – se encuentra en McPherson, 1972). Sin embargo, hay una similitud todavía mayor, y la misma se encuentra en la pluma de William Kirby, en su tratado de Bridgewater:

Permítase que cualquiera examine la organización y estructura completa, tanto interna como externa, de cualquier animal, y encontrará que forma un *todo*, en el cual los diferentes órganos y miembros tienen una relación y dependencia mutua, y que si uno supuestamente es quitado, el todo es puesto en desorden y no puede cumplir sus funciones evidentes [...] la organización y estructura del cuerpo completo [...] están adecuadamente ajustados para que produzcan exactamente el fin que el Creador inteligente pretendió, y para que direccionen cada parte a esa función y oficio que Él desarrolló en ellos, y para cuya ejercitación los ha adaptado. (Kirby, [1835], 1853, pp. 6-7, énfasis del original)

Antes de ver los problemas con todo esto, hay que reconocer que Behe está viendo un problema real en la forma en que a veces aparecen las explicaciones darwinianas en algunos textos. Como bien nota Gustavo Caponi (2003, p. 1004), decir que el corazón tiene una función en el incremento

del éxito reproductivo de sus portadores porque si no hay corazón no hay reproducción (ni vida), no basta para explicar el origen del corazón (vea también Behe, 1997). En verdad, hay que fragmentar la historia de modo que el camino que llevó al corazón pueda verse como ventajoso en cada paso para el organismo en cuestión, cosa que no siempre se hace con cuidado en los textos evolucionistas. Ante cambios genéticos, la evolución por selección natural de un dispositivo orgánico cualquiera conducirá a una adaptación concreta si el camino hacia ella involucra *a cada paso* una ventaja sobre congéneres en los cuales esos mismos dispositivos permanecen en estabilidad o cambian en un sentido diferente a las exigencias ambientales.

Un adaptacionista que busque reconstruir la historia de un rasgo deberá, entonces, realizar la fragmentación aludida. Behe revisa la literatura destinada a hacerlo, y ve que no se consiguió en los ejemplos enumerados por él. Acto seguido, infiere a partir de allí la intervención de una inteligencia.

Una primera respuesta podría ser que somos nosotros mismos los que hipotetizamos sobre la atomización de los rasgos en “partes”, y a veces lo hacemos sin tener herramientas que nos permitan justificar cuál es el criterio que utilizamos para determinar cada unidad. Esto lo señaló recientemente Elliot Sober, al reprochar este mismo tema.

Lo que llamamos ‘parte’ puede o no corresponder a la secuencia histórica de detalles acumulados [...] una división de un sistema en partes que supone que el sistema es irreduciblemente complejo puede o no corresponder con la secuencia histórica de las configuraciones de rasgos a través del cual pasó el linaje. (Sober, 2007, pp. 7-8)

Sober, creo, tiene toda la razón, pero pienso que una objeción más grave reside en el modo en que acriticamente se “parte” al rasgo en cuestión, porque uno bien podría dividir prácticamente cualquier cosa de modo de transformarlo en “irreduciblemente complejo”. Lo que dice Behe es que en ciertos sitios no se ha podido establecer siquiera una ruta estipulativa selectivamente viable para su emergencia. Naturalmente, la utilidad actual de un dispositivo u órgano no nos informa de las funcionalidades de sus precursores en el pasado (Gould, 1993; Rosenhouse, 2002). Por esta razón, a la hora de describir escenarios hipotéticos que explicaran la emergencia respectiva, uno dispone del recurso de tratar a diversos caracteres y/o a sus “partes” como lo que ahora llamamos *exaptaciones* (Gould & Vrba, 1982), como de hecho Darwin ([1872], 1995, pp. 304-308) utilizó al responder a George Mivart (1871) (Blanco, 2004).

Naturalmente, una vez hecho esto alguien podría demandar pruebas de que la *just-so-story* realmente ocurrió, pero está claro que el argumento de imposibilidad, y como notara Philip Kitcher, se elimina simplemente apelando a un camino que, aunque fuera meramente imaginado, sea plausible (Kitcher, 2003, pp. 360-361).

Pero volvamos a las premisas del razonamiento. Allí se decía que si hay estructuras irreduciblemente complejas, entonces podemos inferir que hay diseño inteligente en la naturaleza. Pienso que concediendo esto, lo que puede afirmarse es más débil, y es que un proceso que impida la emergencia de esas estructuras no podría ser responsable de la aparición de las mismas. Si llamamos “darwinismo” a ese proceso, poco puede decirse contra ello (salvo acusar de “contundente” a tal nomenclatura), aunque en realidad esto es trivial, porque surge de la misma definición de “complejidad irreducible”.

Lo que quiero señalar es que una cosa es dudar del poder creador de la selección natural, y otra muy diferente es concluir diseño inteligente a partir de las estructuras que generan tales dudas. La deficiencia explicativa desde la teoría no puede tomarse como evidencia de que tal explicación sí existe desde el marco teórico rival (falacia *ad ignorantiam*, Blackstone, 1997; Dennett 2006, p. 43), cosa de la cual Behe se dio cuenta prontamente (Behe, 1997).

Uno puede pensar que si efectivamente el darwinismo no puede dar cuenta de la emergencia de ciertas estructuras, programáticamente no se nos permite pensar en cualquier tipo de *explanans* alternativo (la acusación de “rechazo sin refutación” de Johnson podrá estar dando en el blanco, pero tal cosa puede predicarse de cualquier programa científico abarcante). Si el rival es el creacionismo explícito, la apelación es a no cortar el nudo gordiano. Pero si el programa rival no se identifica con el creacionismo, de todos modos la estrategia será la persistencia en la heurística propia del darwinismo: donde alguien ajeno al programa vea, *prima facie*, una entidad del tipo “irreduciblemente compleja”, un darwinista que se precie de tal verá allí un punto de partida para la investigación adicional (Behe estará en tal caso señalando temas donde se debe profundizar). Un programa que aspire a rivalizar con el darwiniano deberá enumerar consecuencias observacionales (predicciones) si quiere siquiera tener derecho a la competencia (Atran, 2006, p. 127). Si lo único que se predice es el no encuentro de una solución *a la* Darwin de los desafíos de Behe, entonces su aserción se verá falsada (ingenuamente hablando) ante cada avance en esa dirección. Todo lo que pueda decirse sobre la inadecuación empírica del darwinismo no

basta (por sí sola) para provocar un vuelco en favor de una alternativa rival que no puede ser puesta a prueba en un sentido significativo. De este modo, aun reconociendo que no hemos dado con una explicación satisfactoria a cada uno de los desafíos de Behe, eso no nos habilita a darle la razón en todo lo demás. Hacer tal cosa es llegar a una conclusión basados en evidencia negativa: que algo no haya sido explicado en ciertos términos no implica que no sea explicable en esos mismos términos. La historia de la ciencia nos muestra que en casos como estos, los ejemplos problemáticos son ignorados, y, si son señalados (como hace Behe) y su tratamiento no puede ser postergado, muchas veces la confianza en el programa de turno hace que las dudas se depositen en nuestra destreza para resolver los problemas (“enigmas” en jerga kuhneana), más que en el programa en sí (Coyne, 1996; Blackstone, 1997; Futuyma, 1997; Wilkins & Elsberry, 2001).

4 CONCLUSIONES

La apelación de Johnson en su estrategia (*the wedge*) a no acatar el compromiso con el naturalismo metodológico resultó a muchos oídos más que un ataque al darwinismo, un ataque a la ciencia misma. La opinión mayoritaria (y la ciencia es una empresa colectiva) es que individuos con credenciales de científicos, cuando atacan al darwinismo, al presupuesto naturalista, y/o defienden al diseño inteligente, no lo hacen *qua* científicos.

En cuanto a las cuestiones empíricas, Behe dice tener excelentes razones para postular el accionar de un diseñador inteligente. Hasta ahora, encuentro a estas razones poco convincentes.

Sin embargo, hay una cuestión subrayada por Behe (y también por el Movimiento del Diseño Inteligente como un todo) que sí me parece plenamente abordable. Me refiero al encuentro de criterios que nos permitan inferir si cierto objeto de estudio fue diseñado inteligentemente o no. Este mismo criterio, de encontrarse, podría aplicarse incluso a proyectos como SETI, que supone justamente que la actividad inteligente es efectivamente detectable (la primera premisa mencionada en el apartado anterior). El MDI puede estar equivocado en sus respuestas, pero creo que el problema que plantea es legítimo, y totalmente atendible.

En cuanto al tratamiento de esas respuestas, más de uno dirá que uno no debería perder el tiempo en considerarlo – después de todo, el Movimiento del Diseño Inteligente está compuesto por una minoría intelectual (Pigliucci, 1997). Quien de todos modos decida abordar esta tarea tiene la responsabilidad de entender la propuesta en sus propios términos, aban-

donar su caricaturización, la caza de brujas, y las ofensivas *ad hominem*, señalar sus aciertos y refutar sus errores.

RECONOCIMIENTOS

Agradezco enormemente a Pablo Lorenzano, Gustavo Caponi, Aecio Cairus, y Santiago Ginnobili los comentarios hechos a versiones previas de este escrito. De los errores remanentes, soy el único responsable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÓNIMO. Johnson vs. Darwin. *Science* **253** (5019): 379, 1991.
- ATRAN, Scott. “Unintelligent design”. Pp. 126-141, *in*: BROCKMAN, John (ed.) *Intelligent thought. Science versus the intelligent design movement*. New York: Vintage Books, 2006.
- AYALA, Francisco. *Darwin y el diseño inteligente*. Trad. Miguel Ángel Coll. Madrid: Alianza, 2007.
- BEHE, Michael. Darwinism and design. *Trends in Ecology and Evolution* **12** (6): 229, 1997.
- . *La caja negra de Darwin*. Trad. Carlos Gardini. Buenos Aires: Andrés Bello, 1999 (a).
- . Willful ignorance of evolution. *New York Times* 13 de Agosto, A20, 1999 (b).
- BLACKSTONE, Neil. Argumentum ad Ignorantiam. *The Quarterly Review of Biology* **72** (4): 445-447, 1997.
- BLANCO, Daniel. Aristas controversiales en la caja negra de Darwin. *Studium. Filosofía y Teología*, **4** (12): 241-258, 2004.
- . Breve aproximación histórica al creacionismo moderno: del “creacionismo científico” al “diseño inteligente”. Pp. 24-65, *in*: FLORIO, Lucio (comp.) *Evolución y cristianismo. Un diálogo posible*. Buenos Aires: Dunken, 2007.
- CAPONI, Gustavo. Darwin: entre Paley y Demócrito, *Historia, Ciencias, Saúde – Mangúinhos* **10** (3): 993-1023, 2003.
- CAVALLIER-SMITH, Tom. The blind biochemist. *Trends in Ecology and Evolution* **12** (4): 162-163, 1997.
- COYNE, Jerry. God in the details. *Nature* **383**: 227-228, 1996.
- . The great mutator. [Review of *The edge of evolution*, by Michael J. Behe]. *The New Republic*, June 18: 38-44, 2007.
- CARROLL, Sean. God as genetic engineer. *Science* **316** (5830): 1427-1428, 2007.

- DARWIN, Charles. *El origen de las especies*. 6 ed. [1872]. Trad. José Marco. Barcelona: Grijalbo SA., 1995.
- DAWKINS, Richard. Intelligent aliens. Pp. 92-106, *in*: BROCKMAN, John ed. *Intelligent thought. Science versus the intelligent design movement*. New York: Vintage Books, 2006.
- . Inferior design. [Review of *The edge of evolution*, by Michael J. Behe]. *The New York Times* July 1, 2007.
- DE VRIES, Paul. Naturalism in the natural science. *Christian Scholar's Review* **15**: 388-396, 1986.
- DEMBSKI, William. *The design inference. Eliminating chance through small probabilities*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- . *Intelligent design. The bridge between science & theology*. Downers Grove: InterVarsity, 1999.
- . *No free lunch: why specified complexity cannot be purchased without intelligence*. Lanham: Rowman and Littlefield Publishers, 2002.
- DENNETT, Daniel. The hoax of intelligent design and how it was perpetrated. Pp. 33-49, *in*: BROCKMAN, John (ed.) *Intelligent thought. Science versus the intelligent design movement*. New York: Vintage Books, 2006.
- DENTON, Michael. *Evolution: a theory in crisis*. Madrid: Adler & Adler, 1986.
- DOOLITTLE, Russell. A delicate balance. *Boston Review* (Febrero/Marzo): 28-29, 1997.
- FITELSON, Branden; STEPHENS, Christopher; SOBER, Elliot. How not to detect design. *Philosophy of Science* **66** (3): 472-488, 1999.
- FORREST, Bárbara; GROSS, Paul. Biochemistry by design. *Trends in Biochemical Sciences* **32** (7): 301-310, 2007.
- FUTUYMA, Douglas. Miracles and molecules. *Boston Review* (Febrero/Marzo): 28-29, 1997.
- GEORGE, Marie. Darwin's black box. *The Thomist* **62** (3): 493-497, 1998.
- GOULD, Stephen. *The panda's thumb*. New York: Norton, 1980.
- . Impeaching a self-appointed judge. *Scientific American* **267**: 118-121, 1992.
- . *Brontosaurus y la nalga del ministro*. Trad. Joandomènec Ros. Barcelona: Crítica, 1993.
- GOULD, Stephen; VRBA, Elisabeth. Exaptation – a missing term in the science of form. *Paleobiology* **8**: 4-15, 1982.
- GRABINER, Judith; MILLER, Peter. Effects of the Scopes trial. *Science* **185** (4154): 832-837, 1974.

- HULL, David. The god of the Galapagos. *Nature* **352** (6335): 485-486, 1991.
- JOHNSON, Phillip. *Processo a Darwin*. 2 ed. Trad. Santiago Escuain. Grand Rapids: Portavoz, 1995 (a).
- . *Reason in the balance. The case against naturalism in science, law & education*. Downer Grove: InterVarsity Press, 1995 (b).
- . *Defeating Darwinism by opening minds*. Downer Grove: InterVarsity Press, 1997.
- . *The wedge of truth*. Downer Grove: InterVarsity Press, 2000.
- JUKES, Thomas. The persistent conflict. *Journal of Molecular Evolution*, **33**: 205-206, 1991.
- KAUFFMAN, Stuart. Intelligent design, science or not? Pp. 169-178, *in*: BROCKMAN, John (ed). *Intelligent thought. Science versus the intelligent design movement*. New York: Vintage Books, 2006.
- KENYON, Dean; DAVIS, Percival. *Of pandas and people*. Richardson: Foundation for Thought and Ethics, 1989.
- KIRBY, William. *On the power, wisdom, and goodness of god, as manifested in the creation of animals, and in their history, habits, and instincts* [1835]. 2. ed. London: George Bell & Sons, 1853. 2 vols.
- KITCHER, Philip. *In Mendel's mirror: philosophical reflections on biology*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- LARSON, Edward. *Summer for the gods. The Scopes trial and America's continuing debate ver science and religion*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1998.
- LAUDAN, Larry. Commentary on Ruse: science at the bar – causes for concern. Pp. 161-166, *in*: LA FOLLETTE, Marcel. (ed.). *Creationism, science, and the law: the Arkansas case*. Cambridge, MA: MIT Press, 1984.
- . The demise of the demarcation problem. Pp. 337-350, *in*: RUSE, Michael (ed.). *But is it science? The philosophical question in the creation/evolution controversy*. Buffalo: Prometheus Books, 1988 (a).
- . Science at the bar – causes for concern. Pp. 351-355, *in*: RUSE, Michael (ed.). *But is it science? The philosophical question in the creation/evolution controversy*. Buffalo: Prometheus Books, 1988 (b).
- MARTINS, Maurício. De Darwin, de caixas-pretas e do surpreendente retorno do 'criacionismo'. *História Ciências, Saúde – Manguinhos* **8** (3): 739-756, 2001.
- McPHERSON, Thomas. *The argument from design*. London: St. Martin's Press, 1972.
- MILLER, Kenneth. Falling over the edge. *Nature* **447**: 1055-1056, 2007.

- MIVART, George. *The genesis of species*. New York: Appleton and Company, 1871.
- NUMBERS, Ronald. *The creationists: the evolution of scientific creationism*. 2 ed. Berkeley: University of California Press, 2006.
- OVERTON, William. Creationism in schools: the decision in McLean versus the Arkansas Board of Education. *Science* **215** (4535): 934-943, 1982.
- PADIAN, Kevin. The case of creation. *Nature* **448**: 253-254, 2007.
- PALEY, William. *Teología natural* [1802]. Trad. Joaquín Villanueva. Dallas: Smith y Lamar, 1917.
- PETERSON, Gregory. The Intelligent Design Movement: Science or Ideology? *Zygon*, **37** (1): 7-23, 2002.
- PIGLIUCCI, Massimo. More than you ever wanted to know about intelligent design. *Evolution* **59** (12): 2717-2726, 2005.
- . The new anti-evolution. *Trends in Ecology and Evolution* **12** (6): 228, 1997.
- PLANTINGA, Alvin. When faith and reason clash: evolution and the Bible. Pp. 674-697, *in*: HULL, David; RUSE, Michael (eds.). *The philosophy of biology*. New York: Oxford University Press, 1998 (a).
- . Reply to McMullin. Pp. 734-754, *in*: HULL, David; RUSE, Michael (eds.). *The philosophy of biology*. New York: Oxford University Press, 1998 (b).
- POMIANKOWSKI, Andrew. The God of the tiny gaps. *New Scientist*, **14**: 44-45, 1996.
- ROSENHOUSE, Jason. Probability, optimization theory, and evolution. *Evolution* **56** (8): 1721-1722, 2002.
- RUSE, Michael. Creation-science is not science. Pp. 150-160, *in*: LA FOLLETTE, Marcel (ed.). *Creationism, science, and the law: the Arkansas case*. Cambridge, MA: MIT Press, 1984 (a).
- . Response to Laudan's commentary: Pro judice. Pp. 167-173, *in*: LA FOLLETTE, Marcel (ed.). *Creationism, science, and the law: the Arkansas case*. Cambridge, MA: MIT Press, 1984 (b).
- . *Philosophy of biology today*. New York: State University of New York Press, 1988 (a).
- . Pro judice. Pp. 356-362, *in*: RUSE, Michael (ed.). *But is it science? The philosophical question in the creation/evolution controversy*. Buffalo: Prometheus Books, 1988 (b).

- . The academic as expert witness. Pp. 386-394, *in*: RUSE, Michael (ed.). *But is it science? The philosophical question in the creation/evolution controversy*. Buffalo: Prometheus Books, 1988c.
- . Design? Maybe. Intelligent? We have our doubts. [Review of *The edge of evolution*, by Michael J. Behe]. *The Globe and Mail*, July, 2, p. D5, 2007.
- SOBER, Elliot. What is wrong with intelligent design. *The Quarterly Review of Biology* **82** (1): 3-8, 2007.
- THAXTON, Charles; Walter BRADLEY; Roger OLSEN. *The mystery of life's origin: reassessing current theories*. New York: Philosophical Library, 1984.
- VELLA, Frank. Darwin's black box: the biochemical challenge of evolution. *Biochemical Education* **27**: 60-61, 1999.
- WILKINS, John; ELSBERRY, Wesley. The advantages of theft over toil: the design inference and arguing from ignorance. *Biology and Philosophy* **16**: 709-722, 2001.
- WOODWARD, Thomas. *Doubts about Darwin. A history of intelligent design*. Grand Rapids: Baker Books, 2003.

Los niveles de selección: anatomía de un problema y sus consecuencias extradisciplinarias

Estela Santilli*

1 INTRODUCCIÓN

Con frecuencia el empleo de conceptos teóricos referidos a entidades o procesos en las ciencias desencadena prolongadas discusiones¹.

Éste es el caso de la controversia sobre los niveles y las unidades de selección a partir en la década de 1960. La misma adquirió importancia epistemológica con los trabajos de George C. Williams, desde 1963 y a partir de 1966 con la aparición de su libro, *Adaptation and natural selection*, un detallado estudio crítico de los conceptos de selección y adaptación y un rechazo vigoroso de la selección de grupos postulada entre otros, por Vero C. Wynne-Edwards (1962, 1980). Precedida de un clima de avances en la teoría biológica, la obra de Williams se convirtió en un clásico para más de una generación de biólogos evolucionistas que en ocasiones tomaron partido a priori por esta opción crítica. A partir de la década de 1970 este hecho estimuló una revisión teórica y empírica de la acción del mecanismo de selección natural y de su concepto asociado de adaptación². El debate se

* Universidad de Buenos Aires. Salguero 2085 4º,18. 1425 Buenos Aires, Argentina. E-mail: estela535@gmail.com

¹ La distinción entre conceptos teóricos y observacionales en el vocabulario de la ciencia fue muy discutida en los círculos filosóficos del siglo 20. Los conceptos teóricos son introducidos por las teorías, denotan entidades, propiedades y relaciones que no son directamente observables como “campo magnético”. La distinción no es absoluta pero no deja de ser interesante cuando una entidad, propiedad o proceso está en debate. El concepto de “gen” es teórico y ello plantea la cuestión de la observabilidad directa e indirecta (Bunge, 1969, pp. 110-115, 490).

² A fines de la década del 70 una publicación inició otro debate: la crítica al programa adaptacionista por Lewontin y Gould (1979). Su sentido era apuntar dardos contra el exceso de

tornó popular con la aparición de *The selfish gene* de Richard Dawkins (1976), un ardiente defensor de la selección a nivel genético, y recalentó el ambiente de la controversia hasta un punto de declarada oposición y el empleo de un lenguaje retórico por cada una de las partes.

La cuestión de la selección de grupo, si bien impulsó el inicio del debate como respuesta a los casos presentados por Wynne-Edwards en 1962, daría con el tiempo lugar a una expansión del darwinismo fuera del contexto estrictamente biológico abarcando explicaciones del altruismo y de otras formas de comportamiento social humano. La sociobiología entra en este paradigma. El empleo de la selección natural en explicaciones evolucionistas de la cultura, el lenguaje y el conocimiento está muy difundido en la actualidad.

Mi propósito en este trabajo³ es en dar cuenta de cambios conceptuales y teóricos planteados por biólogos y filósofos en forma explícita e implícita y delinear su influencia en la fisonomía del debate sobre las unidades de selección. Dichos problemas son indicadores del desarrollo de las teorías científicas mediante la revisión de los conceptos, los esquemas explicativos y la validación empírica de hipótesis. Estos episodios determinaron distintas caracterizaciones de las nociones de selección y adaptación, relación entre fenotipo y genotipo, eficacia biológica, información, influencia causal y poder explicativo, y la propia y controvertida noción de individuo biológico. Todas ellas forman parte de un amplio menú de cuestiones de carácter ontológico y epistemológico⁴ en el que no es de menor importancia la de los niveles jerárquicos en la organización biológica.

Un resultado de la polémica, junto a la ampliación del universo conceptual de los niveles de selección, fue la exploración de estrategias de investigación en diversos campos de la biología, algunos de los cuales fueron identificados con el reduccionismo (Wimsatt, 1984). En la década de 1980 los filósofos adoptaron un lenguaje biológico y los biólogos evolucionistas

explicaciones adaptativas por selección natural. La crítica se dirige también a explicaciones de la evolución conceptual y la cultura. Hay distintas interpretaciones del adaptacionismo (Sterelny & Griffiths, 1999, cap. 10).

³ En función de la extensión del trabajo tomo una selección limitada de autores entre los principales referentes sin abarcar toda la literatura que existe en sobreabundancia.

⁴ Límite la cuestión ontológica a la pregunta sobre categorías naturales de la ciencia, entidades o propiedades, a diferencia de categorías conceptuales convencionales. La cuestión epistemológica se refiere a representaciones de los fenómenos y tipos de explicación de procesos.

se orientaron hacia los problemas epistemológicos y ontológicos para desentrañar cuestiones pendientes acerca de los niveles de selección como la propuesta de una teoría en niveles múltiples para representar esos procesos.

Puede decirse que en determinado momento un aparente consenso reunió a diversos biólogos y filósofos en torno a la propuesta de Richard Lewontin, (1970), de la selección operando en múltiples niveles aunque ello no eliminó los desacuerdos. En este contexto renovado, las nociones de replicador y vehículo introducidas por Dawkins y la de interactor por David Hull, experimentaron modificaciones y críticas. En algunos casos se privilegió una de las nociones como factor de significación evolutiva y en otros se concedió a ambas nociones un lugar de importancia en el proceso de selección.

En el panorama conceptual abierto en el curso del debate surgió un modelo de evolución cultural y de la cognición humana. Su autor, el filósofo Kim Sterelny, emplea una noción extendida de replicador y el concepto de herencia no genética como marco de una reconstrucción de la evolución del rasgo cooperativo atribuido al linaje homínido y en cual la selección de grupo tiene un rol. La cooperación es la base fundamental para el surgimiento y desarrollo de capacidades mentales que distinguen a la especie *homo sapiens* de otras especies sociales.

Algunas conclusiones, aunque provisionarias, pueden ser enunciadas. Una es cautelosa: la controversia no ha terminado a pesar de la inclinación de los participantes por un marco teórico de niveles múltiples de selección en donde se ubican diferentes propuestas. La otra puede señalarse como un rasgo de fertilidad de la controversia: ya es moneda corriente la admisión de las explicaciones sobre la especie humana con datos sobre su evolución conjunta biológica y cultural. Hay programas de investigación de las capacidades cognitivas en un marco naturalista de explicación evolutiva que ponen en tela de juicio la dicotomía entre biología y cultura. Si bien no hay muchos resultados consensuados estos programas estimulan la investigación integrada de disciplinas biológicas y sociales. Desde hace algunos años un proyecto interdisciplinario reúne a psicólogos, biólogos, antropólogos y filósofos para investigar entre otras las nociones de 'instinto', 'aprendizaje', 'heredabilidad', 'canalización', 'universalidad', 'información', 'rasgo codificado genéticamente', 'rasgo heredado', 'rasgo adquirido', y 'ambiente'. Hasta ahora hay publicados dos volúmenes (Carruthers, Laurence & Stich, 2005; *idem*, 2006).

2 NIVELES DE SELECCIÓN ¿UNA CONTROVERSIAS?

Las controversias enfrentan soluciones distintas a un mismo problema. Existen en la filosofía y en las ciencias; las críticas se difunden por medios diversos, foros y publicaciones; se discute la solución a un problema común no siempre formulado en los mismos términos; suelen ir juntos los problemas conceptuales y las cuestiones empíricas y se tiende a la revisión de los conceptos y propuesta de nuevas definiciones; alrededor del debate se forman microcomunidades que adhieren a distintas posiciones; el énfasis puesto en los temas discutidos es distinto en cada uno de los grupos contendientes, acordes con intereses disciplinarios; en las controversias científicas las afirmaciones se fundan tanto en resultados y experiencias de laboratorio como en la propuesta de interpretaciones teóricas y nuevas técnicas de experimentación y formalización; el lenguaje de las controversias suele ir más allá de la función informativa de las proposiciones científicas: abundan las posturas metafísicas muchas veces no explícitas. El lenguaje puede ser metafórico, con intención persuasiva, contener juicios de valor y con frecuencia descalificaciones. Se desarrollan en un tiempo prolongado, a veces con un paréntesis. Su resultado es variado. Pueden provocar la fragmentación de campos de investigación o producir integración y colaboración. En el caso de los niveles de selección se encuentran muchas de estas características aunque quedan dudas acerca de su efecto de integración o solo cierto grado de tolerancia.

3 PRINCIPIOS DE SELECCIÓN

La selección natural es el principal mecanismo de cambio evolutivo postulado por Charles Darwin quien también consideró la posibilidad de la existencia de otros mecanismos de evolución. Lewontin es responsable del enunciado de la estructura abstracta o esqueleto lógico de la selección:

1. Individuos diferentes en una población tienen diferentes morfologías, fisiologías y comportamiento (variación fenotípica).
2. Diferentes fenotipos tienen diferentes tasas de supervivencia y reproducción en diferentes ambientes (eficacia diferencial).
3. Hay una correlación entre padres y descendencia en la contribución de cada uno a las generaciones futuras (la eficacia es heredable) (Lewontin, 1970, p. 1).

Estos requisitos se condensan en la expresión “variación heredable en eficacia biológica”. Lewontin señala también la generalidad del principio de

selección por lo que cualquier tipo de entidad en cualquier nivel si cumple estas condiciones puede ser el foco de la selección natural. No se requiere que la entidad sea biológica⁵.

4 EL CLIMA INTELECTUAL

Las controversias no surgen en un vacío intelectual. Robert Wilson (2007, p. 156) describe los comienzos de la década de 1930 como un semillero de ideas nuevas, en que se produjeron novedades en la construcción de la teoría de la evolución contemporánea. Este autor señala que algunas de esas ideas se gestaron bajo el paraguas intelectual del trabajo experimental en genética en el laboratorio de Thomas Hunt Morgan, conocido como la habitación de las moscas, *fly room*, en la Universidad de Columbia, Estados Unidos. Y como efecto de la construcción de modelos matemáticos y el desarrollo de la genética de poblaciones, en un escenario de contribuciones de nombres conocidos, mencionados por Wilson, como Ronald Fisher, Sewall Wright y Theodosius Dobzhansky entre 1929 y 1937.

Hacia la década de 1950 la selección de grupo tenía buena aceptación en una porción de la comunidad de biólogos. Un grupo de ecólogos en la Universidad de Chicago centraba su interés en los grupos y las poblaciones como totalidades integradas y focos de la selección. Robert Wilson (2007) aporta otros datos de importancia para situar la controversia en un contexto histórico.

5 EL GEN, ¿ES LA UNIDAD CAUSAL?

Darwin dedicó su interés primordial a los procesos de selección individual y aunque consideró casos, - como el comportamiento de insectos sociales, los rasgos de cooperación en los grupos, el carácter moral del hombre,- intrigantes y atípicos para ser considerados de selección individual, no se alejó del paradigma de la selección del individuo: son los orga-

⁵ La neutralidad del principio de selección dio lugar a la expresión “darwinismo universal” (Dawkins, 1983), “ácido universal” (Dennett, 1996). Pero si bien las tres condiciones expuestas son necesarias, no son suficientes para afirmar que la evolución se ha producido por efecto de la selección natural ya que la reproducción diferencial puede producirse por otros mecanismos como la deriva (*random drift*).

nismos individuales los que poseen las propiedades entre las que existe variación en una población y ellos pueden ser seleccionados⁶.

Que Darwin haya puesto su mira en el individuo es razonable si se tiene en cuenta que en la selección hay eliminación de ciertas variantes de los organismos y permanencia de otras. No obstante se ha señalado (Mayr, 1997), que la selección sexual, importante para Darwin, no tiene la misma característica ya que no se trata de eliminación y sobrevivencia sino de capacidad reproductiva.

La introducción de la expresión “unidad de selección” se atribuye a Lewontin (Mayr, 1997). Aunque los conceptos de unidad y de nivel se emplean en conjunto e indistintamente en el análisis la pregunta puede ser dividida: ¿en qué nivel opera la selección natural? Y, ¿cuál es la unidad de selección y su rol, los genes, el organismo, el grupo, otras entidades en niveles superiores? Al separar estos conceptos es posible determinar las propiedades y el rol causal de la entidad considerada como unidad en que opera la selección en el proceso evolutivo. El concepto de nivel está incluido en una teoría de niveles. Podemos preguntar si es empleado pensando en un sistema natural en el sentido ontológico o si es una herramienta o modelo para la descripción de los procesos, qué tipo de relación sostienen los niveles entre sí y como se relacionan en un proceso de selección las diferentes unidades ya que si admitimos una teoría multinivel también se admite que hay más de una unidad de selección.

Wynne-Edwards señaló como selección de grupo a los casos en que los organismos a su costo en eficacia restringen su reproducción, un comportamiento explicado porque de este modo se preserva la provisión de alimento evitando la extinción de la población que resulta beneficiada. En un comentario de su libro *Animal dispersion in relation to social behaviour* Wynne-Edwards describe el comportamiento social de los urogallos como “adaptaciones juiciosas que dejan perplejos a los evolucionistas” (Wynne-Edwards, 1980, p. 198).

Stephen J. Gould afirma que “la doctrina de Williams sirve como un martillo para la selección de grupo” (Gould, 2002, p. 551). En la discusión sobre la unidad de selección, Williams apunta sus dardos al empleo de la adaptación, un concepto que junto al de grupo califica como oneroso o de difícil justificación empírica y hasta teórica. La adaptación es un proceso

⁶ No hay consenso en las interpretaciones ya mientras algunos consideran que Darwin anticipó la selección de grupo, otros como Gould, lo niegan (Gould, 2002, pp. 128, 227).

cuyo producto es una estructura y ésta ha sido diseñada por la selección natural. La pregunta por la unidad de selección es también la pregunta por la entidad que posee la adaptación. La crítica de Williams a la selección de grupo objeta la afirmación de que un grupo puede ser el beneficiario de adaptaciones producto de la selección natural. Esta afirmación, según Williams, revela un uso impropio y descuidado del concepto de adaptación. Son los individuos que forman parte de las poblaciones y de las especies los que poseen las adaptaciones, sean órganos o comportamientos. De acuerdo a la fórmula darwinista, la selección natural opera efectivamente en el nivel individual. Williams aduce como una de las causas que impide la selección de grupo que los mismos están sujetos a sabotaje o subversión interna por parte de un egoísta.

La insatisfacción de Williams por la aplicación incorrecta del concepto de adaptación se expresa en observaciones metodológicas como la falta de casos de comprobación empírica de adaptaciones de grupo. La apelación a la simplicidad o parsimonia de las explicaciones es reiterada:

Consideraciones de parsimonia, sin embargo, exigen que no reconozcamos una organización funcional a menos que tengamos evidencia definitiva para ella. No debemos invocar principios biológicos donde es suficiente con la estadística. (Williams, 1966, p. 257).

Los casos de selección de grupo pueden interpretarse y explicarse por selección individual.⁷ No hay en los grupos rasgos, - adaptaciones - diseñados por la selección natural. Por consiguiente aunque es teóricamente posible la selección de grupo no es importante.

Posteriormente Williams afirma que tampoco los individuos, que son efímeros, son unidades de selección. El gen es unidad de herencia y de selección. Y ello se fundamenta en la estabilidad de los genes que posibilita su transmisión y perpetuación. En décadas posteriores Elliot Sober objetó el argumento de la parsimonia aduciendo que es necesario un razonamiento robusto para negar la selección de grupo: en lugar de una regla metodológica se requiere contar con hechos e hipótesis biológicas (Sober, 1996, pp. 176-177).

⁷ El ejemplo que discute Williams (1966) es del “corro defensivo” de los bueyes almizcleros contra el ataque de los lobos, protegiendo a individuos no emparentados. Sober lo considera un caso de altruismo de grupo. Williams da la explicación alternativa: no es selección de grupo, puede ser un efecto estadístico (1966, p. 218-219).

La firmeza de la idea del gen como unidad de selección contaba con un trío prestigioso. En sus escritos William D. Hamilton (1964)⁸, Williams (1966), Dawkins (1976, 1982a y 1982b), despliegan argumentos para invocar al gen como unidad de selección desplazando del centro aún a la selección de organismos individuales heredada de la concepción darwiniana. Hamilton argumenta contra la selección de grupo invocando la selección parental o eficacia inclusiva como alternativa a la explicación del altruismo aparente⁹. Este rasgo puede evolucionar cuando el donante está genéticamente relacionado con el receptor de la eficacia.

Pero, ¿cómo explicar el altruismo entre individuos no emparentados? Esto se resuelve por el llamado altruismo recíproco o expectativa de retorno de favores (Trivers, 1971). Para una parte de la comunidad de biólogos ésta fue una explicación razonable. El gen en el centro del proceso evolutivo es “cualquier porción de material cromosómico cuya duración potencial se extienda a suficientes generaciones para servir como unidad de selección natural” (Dawkins, 1976, p. 30).

Una característica de la distinción introducida por Dawkins, replicadores y vehículos para referirse al genotipo y al fenotipo, es la generalidad. Mientras que considera al gen como el principal y prototípico replicador otras entidades también son posibles replicadores. Son “cualquier cosa en el universo del cual se hicieron copias” (Dawkins, 1982a, p. 83). Sus características necesarias son la longevidad, la fecundidad y la fidelidad o exactitud de la copia¹⁰. La distinción concierne tanto a las propiedades como al rol causal que cumple una entidad. Los genes son causas porque transmiten su estructura a través de las generaciones. Los organismos son hospedadores de los genes y son los vehículos paradigmáticos, aunque no los únicos. El énfasis de esta distinción toma formas de coloridas analogías para ilustrar cómo la competencia individual resulta en cooperación: los

⁸ La regla de Hamilton de eficacia inclusiva: $rb > c$. Siendo r la proporción de genes compartidos entre los individuos, b el beneficio del receptor y c el costo del altruista.

⁹ Williams alude en varias páginas de su libro a la admirable solución de Hamilton al caso de los insectos cooperativos. Dawkins incluye el concepto de eficacia inclusiva (*kin selection*) en su glosario en el que expresa su desagrado por el empleo de esta fórmula en casos en que no hay parentesco o la confusión con casos de selección de grupo (Dawkins, 1982a, p. 289). Samir Okasha (2005) describe los cambios de Williams y Hamilton y su admisión de otros los niveles de selección

¹⁰ La noción fidelidad de la copia como veremos más adelante es discutida por los que postulan múltiples replicadores en la selección (Sterelny *et al.*, 1996).

genes son como los miembros de una tripulación de remeros que compiten con otros grupos en una carrera. El entrenador procede a la selección de los mejores para formar el equipo (Dawkins, 1976, pp. 40-41).

6 ¿INTERACTORES O VEHÍCULOS?

El afinamiento de los conceptos imprimió un nuevo estilo a la discusión¹¹. Hull, quien discutió los criterios de individualidad aplicados a las especies, corrige a Dawkins y contribuye a este debate intentando aportar claridad al desentendido reinante sobre el rol de los factores intervinientes en la selección. En el lugar de los vehículos Hull incorpora el concepto de “interactor” con un rol activo en el proceso de selección. En la selección hay dos procesos y no uno, replicación e interacción ambiental. Los interactores “interactúan como un todo cohesivo con su ambiente de tal modo que causan la perpetuación diferencial de los replicadores que los producen” (Hull, 1980, p. 38). El desarrollo es la adecuada conexión causal entre los replicadores y los vehículos. Tomada literalmente, en esta afirmación los interactores parecerían ser la causa de la existencia perpetua de los replicadores o genes. Más Hull admite que los genes replicadores tienen un rol central de tal modo que debe entenderse que su intento es rescatar el rol activo de los interactores y la integración de ambos factores en la selección. Se afirma así que no hay necesidad de dar privilegio causal a uno de los factores, los genes o los organismos. Los replicadores y la interacción con el ambiente son necesarios para la selección.

En la década de 1980 el interés por una perspectiva de múltiples niveles de selección – primeramente propuesta por Lewontin en 1970 –, ocupa buena parte del escenario de la discusión sobre las unidades de selección.

En numerosos trabajos David S. Wilson (1980) y el mismo en conjunto con Elliott Sober defiende la selección de grupo. Estos autores adoptan la perspectiva de la jerarquía biológica que contiene una serie de unidades

¹¹ Lloyd (2001) propone la estrategia de dividir para aclarar. Reconoce cuatro problemas en el debate. 1. El concepto de interactor se refiere al nivel en que ocurren las interacciones del proceso de selección 2. El concepto de replicador alude a la porción del genoma que funciona como unidad de replicación 3. Llama manifestación de adaptaciones al problema de identificar las entidades que adquieren adaptaciones como resultado de la selección y 4. La cuestión de las unidades que en última instancia son beneficiarias del proceso de selección. De este modo espera zanjar la dificultad planteada alrededor del concepto de adaptación por Williams y otros críticos.

anidadas (*nested units*) en distintos niveles y se distinguen de los que denominan *naive group selectionists* del pasado. Plantean diversas objeciones al paradigma genético en la selección. Por ejemplo, que la noción de gen replicador es una definición y no un resultado empírico. Entre sus planteos teóricos a favor de la selección de grupo sostienen:

1°. En el proceso de selección lo más interesante son los vehículos que tienen un rol activo.

2°. La estructura de la población es importante para detectar la unidad de la selección. La selección intra-grupo debe ser distinguida de la selección entre grupos. En éstos las poblaciones no aptas son reemplazadas por las aptas.

3°. La eficacia es propiedad de los rasgos no de los organismos o los grupos.

4°. Los grupos son asociaciones locales, temporales que comparten un destino común (Sober & Wilson, 1998).

Estos autores definen un grupo como: “un conjunto de individuos cuya eficacia tiene influencia mutua con respecto a cierto rasgo pero no influye en la eficacia de los de afuera del grupo” (Sober & Wilson, 1998, p. 92). Y describen una metodología exhaustiva para determinar casos de adaptación en niveles múltiples (*ibid.*, pp. 101-131). También proporcionan elementos pragmáticos de la detección de la selección de grupos aplicada a la industria (*ibid.*, pp. 121-123).

Estos autores no ven justificación para negar la importancia del altruismo como una fuerza de la evolución.

Como “prueba convincente” presentan casos de evolución del altruismo: el de la atenuación de la virulencia del virus Mixoma introducido en Australia en una población de conejos que de acuerdo a estos autores daría sostén a la selección de grupo aunque no sin objeciones (Sober & Wilson, 1998, pp. 45-50). El otro es el de la selección sexual con proporción sesgada hacia el sexo femenino¹².

Con una visión cohesiva de las unidades de selección los autores no consideran necesario que los grupos se mantengan en el espacio o en el

¹² Trivers en un comentario acerca de las hipótesis de estos autores afirma que la explicación de la atenuación de virulencia puede ser resuelta sin necesidad de apelar al lenguaje de selección (Trivers, 1971). Desde una perspectiva pluralista Robert Wilson (2004) analiza estos casos en detalle y concluye que no dan evidencia firme de selección de grupo.

tiempo¹³. Los individuos que permanecen unidos en cuanto a su eficacia evolucionarán como un órgano armonioso de organización a nivel de grupo (Wilson & Sober, 1994).

7 ESPECIES: UNIDADES DE SELECCIÓN

Los cambios conceptuales en el debate mostraron perspectivas muy probablemente influenciadas por diferentes interpretaciones de los procesos evolutivos. Stephen J. Gould y Elizabeth Lloyd (1999) examinan el concepto de adaptación en un sentido completamente distinto al que preocupó a Williams (1966). Dichos autores consideran que la adaptación no es requisito para identificar una entidad como unidad de selección. Su crítica se dirige a la hipótesis de las adaptaciones en el nivel de grupo (que atribuyen a Wilson y Sober). Participan de lo que llaman el “consenso emergente” a favor de la interpretación de los interactores como agentes causales y unidades de selección. Gould y Lloyd invierten en forma importante los roles de los conceptos. El concepto principal en la selección es el de interactor, no el de replicador. Los interactores son unidades de selección y tienen un rol causal. Al defender la idea de la especie como unidad de selección enuncian y revisan los criterios de individualidad¹⁴. Gould y Lloyd asumen que tanto genes, como organismos, demos y especies son individuos darwinianos en la teoría jerárquica de la selección. Deben ser entidades discretas con comienzo, fin y estabilidad, éxito reproductivo diferencial y heredabilidad y además interactuar con el ambiente. Consideran factores de escala en tamaño y tiempo para defender las especies como entidades discretas¹⁵. No se requiere que tengan los mismos límites que los organismos individuales ni que sean espacialmente continuas. “Más bien, las especies obtienen sus propiedades de separación (*bounding*) e integración entre sus

¹³ Ver el ejemplo ficcional de la pareja de grillos que interactúan y se coordinan para cruzar la laguna (Wilson & Sober, 1994) y la crítica de Dawkins a este ejemplo (Dawkins, 1994).

¹⁴ La tesis de la individualidad se presenta como una tesis ontológica de tal modo aquí los autores hacen un compromiso con la realidad de las unidades de evolución. Esta postura no es la única: según un criterio pluralista se puede hablar de unidades de selección sin comprometerse con criterios metafísicos de realidad (*matter of fact*).

¹⁵ Los autores emplean criterios de “alometría” para individualizar a las especies (Gould & Lloyd, 1999). Mark Ridley (2007) hizo una crítica de la relación que establece Gould (en 2002) entre la selección de especies y la teoría de equilibrios puntuados. Dicha relación supone la individualidad de las especies.

subpartes por sus rasgos definitorios de aislamiento reproductivo” (Gould & Lloyd, 1999, p. 11907).

En síntesis: para estos autores no es necesario que haya adaptaciones de especies, aunque sí es posible. Y, siendo individuos darwinianos las especies son unidades de selección. Otra cuestión a resolver es la de las propiedades intrínsecas, – no derivadas – de las especies. Para que la selección actúe sobre una especie ésta debe tener caracteres propios y eficacia propia no derivada de los caracteres de sus individuos componentes. Gould y Lloyd reconocen la dificultad de la propuesta que postula caracteres emergentes de las especies pues para hallarlos se requiere disponer de la historia causal que dé cuenta de su aparición a partir de los niveles inferiores. Consideran mejor solución proponer que una entidad como una especie es una unidad de selección sólo si posee eficacia emergente, una propiedad no reducible a las eficacias de los organismos que la componen¹⁶.

Las especies no suprimen la operación de los niveles inferiores; tales efectos por tanto están disponibles como exaptaciones confiriendo eficacia emergente, una fuente principal de la potencia diferente que las especies adquieren como individuos darwinianos eficaces en la evolución (Gould & Lloyd, 1999, p. 11904).

¿El rol de los genes? Contienen información. Gould señala su atribución causal como “un error lógico, una confusión de contabilidad (*bookkeeping*) con causalidad” (Gould, 2002, pp. 614, 632 y siguientes)¹⁷. Si hay agentes causales ellos son los interactores que interactúan con el ambiente con efectos en factores bióticos y abióticos y algunos de sus rasgos logran éxito reproductivo de modo que el material hereditario pasa en mayor o menor medida a la próxima generación.

8 UNA VARIEDAD DE REPLICADORES NO GENÉTICOS

Dawkins extendió la noción de replicador a los efectos fenotípicos de los genes no confinados al cuerpo del organismo que los alberga. Son efec-

¹⁶ Ver el interesante trabajo en que Okasha, (2005), quien recoge las ideas de Maynard Smith sobre los niveles de selección en toda su carrera; señala que, habiendo aceptado en principio la selección de especies Maynard Smith nunca le dió la importancia concedida por Gould, Eldredge y Stanley.

¹⁷ No parece ser un error lógico sino de categoría. Creo que Gould se refiere a la medida de frecuencia de los genes por un lado y por otro a una categoría ontológica de causalidad.

tos de los genes los nidos de aves, las telas de araña, los diques de los castores. Otros autores retoman como genuina la distinción replicador/interactor para representar a la distinción usual genotipo/fenotipo (Sterelny, Smith & Dickinson, 1996; Sterelny & Griffiths, 1999, cap. 3)¹⁸.

Pero con modificaciones sustanciales. Sterelny propone aplicar el concepto de replicador a entidades no típicas como “el conjunto de recursos del desarrollo que resultan adaptados por transmisión de similitudes a través de las generaciones” (Sterelny, 2001, p. 338). En la misma línea propuesta por Dawkins Sterelny admite la idea informacional del replicador con una concepción más flexible [...] una revisión de la idea seleccionista de los genes (Sterelny & Griffiths, 1999, p. 109).

1°. Los genes no son los únicos replicadores ni tienen un rol causal privilegiado y hay una variedad de replicadores no genéticos, por ejemplo, algunas estructuras de nidos son heredables.

2°. Sterelny, Smith & Dickinson (1996) emplean una noción teleológica de copia pues el proceso de copia es una biofunción: los replicadores contribuyen al proceso en que se reproducen los genotipos y los fenotipos; la función biológica y no la estructura de los replicadores se conserva en la copia.

3°. La similitud entre el replicador y la copia es tal que explica la existencia del mecanismo de copia. Así, un fósil de una hoja no es una copia de la hoja, pues no se replica una función. Los replicadores son unidades de selección que han contribuido a los procesos de desarrollo (Sterelny *et al.*, 1996, p. 389).

La biología, al presente, reconoce que no hay un solo tipo de mecanismo hereditario. La extensión de las entidades que se replican cambia el punto de vista del gen que difundiera Dawkins. Por ejemplo, la madriguera de un pingüino es un replicador y como tal produce copias, es decir que se transmite en un proceso de desarrollo que no es genético. Sterelny y colaboradores (1996) ven un único proceso de evolución biológica que relaciona a toda la variedad de replicadores con los interactores en virtud del éxito reproductivo y efectos fenotípicos de aquellos. Los genes son los replicadores paradigmáticos y los organismos los interactores paradigmáticos

¹⁸ La propuesta de estos autores es una respuesta a las críticas al seleccionismo genético proveniente de otra corriente biológica, la de los investigadores de los sistemas de desarrollo representada por Susan Oyama (1985) y por Paul Griffiths y Russell Gray (1994) entre otros. Hull y Wilkins (2005) califican como conservadora la posición de Sterelny y Griffiths.

pero no son exclusivos. Como anteriormente lo hicieron Wilson y Sober, Sterelny y Griffiths consideran que grupos de organismos pueden ser interactores: bajo el concepto de *superorganismo*¹⁹ son individuos colectivos los grupos que manifiestan integración y coordinación como los montículos de termitas, las colmenas, las tropas de babuinos, los insectos sociales entre otros (Sterelny *et al*, 1996; Sterelny & Griffiths, 1999, pp. 152, 172-177).

9 ¿POR QUÉ NO TERMINÓ LA CONTROVERSI A?

En este punto conviene trazar un breve resumen del recorrido de la controversia sobre las unidades de selección. La lógica de Williams (1966), lo condujo de la unidad de herencia, los genes, a la unidad de selección. Las críticas de Williams, Dawkins y muchos otros, han conducido a un afinamiento de los conceptos propuestos de replicador, vehículo e interactor. Mayr (1997) pensó que para evitar confusión habría que usar el término “*selector*” mientras Eörs Szathmáry y John M. Maynard Smith (1997) proponen el término “*reproductores*” (Szathmáry & Maynard Smith, 1997). Una concepción de diversos niveles y unidades se ha extendido²⁰. Williams (1992) adhirió a una noción informacional de los genes, la unidad *codical* de selección, al afirmar que lo que se copia no es una molécula de ADN sino de la información transcribible codificada por la molécula. En el curso de la discusión el factor causal se desplazó entre los replicadores y los interactores y posteriormente a la idea de una cadena causal en que ambos factores intervienen en el desarrollo y en la selección con importancia evolutiva. La idea es que se busca una visión más integrativa de los procesos en el nivel genético, de desarrollo y de evolución. Okasha (2005) destacó la transformación del estudio de los niveles de selección de una visión sincrónica a una diacrónica. Ya no se trata sólo de la evolución de adaptaciones en niveles jerárquicos preexistentes sino de la evolución de la propia jerarquía en las varias transiciones evolutivas. Pero esto no resuelve los problemas pendientes; uno de ellos es empírico: el de entender cómo interactúan y en interés de quién los diversos niveles operando en conjunto en el proceso de selección²¹.

¹⁹ Okasha (2005) atribuye el concepto de superorganismo a Allee y Emerson.

²⁰ No así en Maynard Smith quien se mantuvo crítico con respecto a la selección de grupo. Okasha (2005) ilustra la posición de Maynard Smith a lo largo de su carrera.

²¹ El caso de la atenuación del virus mixoma en los conejos de Australia muestra la selección actuando en direcciones opuestas en beneficio del grupo avirulento que mantiene con

Junto a la revisión de las definiciones y las propuestas explicativas no reduccionistas, nuevos enfoques son posibles gracias al progreso del conocimiento biológico. El conocimiento más profundo de la estructura y función de los genes en el desarrollo y la consideración de la interacción con el ambiente en que los organismos son agentes activos que construyen sus nichos, – una idea de Lewontin – son factores de influencia en el tratamiento de los procesos de selección y evolución. Junto a ello la preocupación de dejar de lado el excepcionalismo en la explicación de la naturaleza humana ha estimulado a muchos investigadores a explorar más conexiones entre la evolución y el carácter social y cooperativo humano acercando las ciencias sociales y las naturales.

En lo que sigue presento sumariamente una de estas concepciones en que se plantea cómo resolver la tensión entre la competencia y la cooperación en un posible escenario biológicamente hostil pero a la vez social en la evolución homínida.

10 EL PENSAMIENTO EN UN MUNDO HOSTIL

Este es el título de un libro reciente (Sterelny, 2003) en el que se traza un escenario posible como condición para el surgimiento de un sistema cognitivo como el humano²². Es un modelo de la evolución mental humana fundado en datos de diversas disciplinas naturales y sociales y de especulaciones filosóficas plausibles en un marco biológico evolutivo. El modelo emplea los conceptos de herencia extragenética y replicador extendido que incluye los recursos de desarrollo que se generan en la vida social sobre el cimiento de la estructura cooperativa del comportamiento del linaje humano. En el núcleo de la propuesta es ilustrativa esta breve formulación:

Los humanos no heredan sólo genes: ellos heredan recursos epistémicos que constituyen el andamiaje para el desarrollo de habilidades vitales que son características de sus padres. (Sterelny, 2003, p. 171)²³

vida a los conejos.

²² Cognición humana es el conjunto de procesos cerebrales y mentales que nos conectan con el mundo circundante, así como los estados comunes de percepción, y otros más sofisticados como la conciencia, el razonamiento, el juicio, en suma los procesos pensantes los cuales no están ajenos a las emociones.

²³ Se admite actualmente (no sin discusión) que los sistemas de herencia son de distinto tipo: genético, epigenético, de conducta y simbólicos y todos relacionados con la evolución.

Por recursos epistémicos entiende toda clase de herramientas físicas, sociales y comportamentales con que los organismos, humanos o no humanos desarrollan su vida. En el linaje humano un proceso atípico de evolución ha dado como producto un sistema cognitivo constituido por habilidades como la capacidad de elaborar representaciones complejas del mundo externo²⁴.

Una idea de Lewontin (1983), que Sterelny retoma es que los organismos construyen su ambiente en función de aspectos de su mundo que le son relevantes²⁵.

Las capacidades distintivas humanas se generan en un proceso de confluencia de: cooperación, interacción de linajes en evolución con su ambiente, construcción acumulativa de nicho y la selección para la plasticidad. El hipotético escenario de los homínidos es de hostilidad biológica en la competencia por el alimento, la pareja, el refugio. También es socialmente hostil en cuanto prevalece el interés del individuo cuyo éxito reproductivo se traduce en eficacia biológica de acuerdo a los principios darwinistas. Este hecho puede confirmarse por estudios de primatología, datos antropológicos y arqueológicos y de otras disciplinas sociales.

Los ingredientes esenciales en este escenario son: la construcción acumulativa de nicho, la cooperación y la selección para la plasticidad fenotípica que posibilita adquirir, conservar y transmitir numerosas habilidades.

La construcción acumulativa de nicho produce modificación cultural, y sus efectos son copiados en la imitación, el aprendizaje y la transmisión de tradiciones²⁶. Esto da lugar a que se desarrollen estructuras sociales que permiten superar la condición de subversión interna que afecta al grupo, el

(Jablonka & Lamb, 2005).

²⁴ Representación es un concepto empleado en varias disciplinas atentas a la arquitectura del conocimiento humano entre ellas la neurociencia y la psicología. En psicología alude a estados que median entre el agente y el mundo externo.

²⁵ Esta premisa ha sido elaborada en detalle en la teoría de la construcción de nicho de Laland, Odling Smeed y Feldman (2001).

²⁶ Los organismos recogen información del ambiente mediante detectores sensibles diversos. Algunos detectores son automáticos, señales químicas (ej. feromonas de hormigas o mariposas). Especies con mayor amplitud de variabilidad en su tarea de exploración disponen de claves variables ante las señales del ambiente evitando perder la información útil. Son capaces de manejarse en ambientes translúcidos en los que la información no es manifiesta. El ambiente de evolución de los sistemas cognitivos puede ser informacionalmente opaco, transparente o translúcido (tesis de la complejidad ambiental). Las adaptaciones dependen de la respuesta de los organismos (Sterelny, 2003, cap. 2).

problema del aprovechador (*free rider*). Estas estructuras cumplirían el papel de protonormas, estrategias de obligación de castigar a los tramposos. Para que esto sea posible, debe haber habido simultáneamente el inicio de una importante capacidad psicológica que permite interpretar y predecir a otros agentes²⁷. Otra explicación posible para explicar el mantenimiento de la cooperación es la existencia de rasgos emocionales que crean compromisos de grupo (Sterelny, 2003, pp. 140-145).

Una vez establecida la cooperación una explosión cooperativa desarrolla un escenario social en que son importantes las variables como el tamaño del grupo, el engaño táctico, la estrategia contra el engaño, la comunicación y el castigo a los tramposos. La cooperación extendida incluye defensa, compartir alimento, cuidado de infantes y aprendizaje social cuya transmisión es acumulativa. A través de la cooperación en el transcurso de la evolución se acrecientan los productos sociales y cognitivos en el grupo humano.

La interacción con el ambiente y la construcción acumulativa de nicho constituyen una forma especialmente rica que Sterelny caracteriza como ingeniería epistémica: “Los agentes modifican el carácter informacional de su ambiente y a veces del ambiente de sus descendientes” (Sterelny, 2003, p. 154). De este modo modifican el escenario selectivo de las siguientes generaciones.

En un circuito de realimentación (*feedback loop*) la construcción acumulativa de nicho y sus efectos dependen de una vida intensamente cooperativa en el grupo. A la vez ello depende de que la selección de grupo haya sido de importancia especial en la evolución homínida.

Los grupos han sido unidades de selección.

Un hecho que, según Sterelny, avala la afirmación de la selección de grupo y por tanto la evolución de la cooperación, es que no hubo selección en contra de la conducta de compartir la información a lo largo de las generaciones.

Y agrega que “La fidelidad de la transmisión depende tanto de adaptaciones psicológicas individuales (imitación, aprendizaje, enseñanza deliberada) como de ambientes que promueven el desarrollo”, – *scaffolding developmental environments* (Sterelny, 2003, p. 240).

²⁷ Que se conoce también como la teoría de la mente, una capacidad adquirida sobre la base del tipo de cerebro y de la estructura específica humana.

De acuerdo a Sterelny se trata de una reconstrucción plausible de la evolución cognitiva ya que:

Un avance gradual de nuestro conocimiento de la arqueología, paleobiología y los patrones de especiación humana junto a modelos cuantitativos de evolución pueden convertir las conjeturas en hipótesis; hipótesis no sólo corroborables sino corroboradas. (Sterelny, 2003, p. 122)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUNGE, Mario. *La investigación científica*. Barcelona: Ariel, 1969.
- CARRUTHERS, Peter; LAURENCE, Stephen; STICH, Stephen (eds.). *The innate mind: structure and contents*. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- . *The innate mind: culture and cognition*. Oxford: Oxford University Press, 2006.
- DAWKINS, Richard. *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press, 1976.
- . *The extended phenotype*. Oxford: Freeman and Company, 1982 (a).
- . Universal Darwinism. Pp. 403-425, *in*: BENDALL, Derek S. (ed). *Evolution from molecules to men*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982 (b).
- . Burying the vehicle. *Behavioral and Brain Sciences* **17**: 616-617, 1994.
- DENNETT, Daniel C. *Darwin's dangerous idea*. New York: Simon & Schuster, 1995.
- GOULD, Stephen J., LEWONTIN, Richard. The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique of the adaptationist program. *Proceedings of the Royal Society* **205**: 581-598, 1979.
- GOULD, Stephen J.; LLOYD, Elizabeth. Individuality and adaptation across levels of selection: How shall we name and generalize the unit of Darwinism? *Proceedings of the National Academy of Sciences* **96** (21): 11904-11909, 1999.
- . *The structure of evolutionary theory*. Cambridge: The Bknap Press, 2002.
- GRIFFITHS, Paul E.; GRAY, Russell D. Developmental systems and evolutionary explanation. *The Journal of Philosophy*, **91** (6): 277-304, 1994.
- HAMILTON, William D. The genetical theory of social behavior (I and II). *Journal of Theoretical Biology*, **7**: 1-16, 17-52, 1964.
- HULL, David. Individuality and selection. *Annual Review of Ecology and Systematics* **11**: 311-332, 1980.

- HULL, David; WILKINS, John. Replication. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Edición electrónica. 2005. Disponible en <<http://plato.stanford.edu/entries/replication/>>
- JABLONKA, Eva; LAMB, Marion J. *Evolution in four dimensions. Genetic, epigenetic, behavioral, and symbolic variation in the history of life*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2005.
- LALAND, Kevin N. J.; ODLING-SMEE, F. John; FELDMAN, Marcus W. Cultural niche construction and human evolution. *Journal of Evolutionary Biology* **14** (1), 22-33, 2001.
- LEWONTIN, Richard. The units of selection. *Annual Review of Ecology and Systematics* **1**: 1-16, 1970.
- . Genes, organism and environment. Pp. 273-285, *in*: BENDALL, D. S. (ed.). *Evolution from molecules to men*. New York: Cambridge University Press, 1983.
- LLOYD, Elizabeth. Units and levels of selection. An anatomy of the units of selection debates. Pp. 267-291, *in*: SINGH, Rama S.; KRIMBAS, Costas B.; PAUL, Diane B.; BEATTY, John (eds.). *Thinking about evolution: historical, philosophical, and political perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- MAYR, Ernest. The objects of selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **94**: 2091–2094, 1997.
- OKASHA, Samir. Maynard Smith on the levels of selection question. *Biology and Philosophy* **20** (5): 989-1010, 2005.
- OYAMA, Susan. *The ontogeny of information: developmental systems and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- RICHERSON, Peter J.; BOYD, Robert T.; HENRICH, Joseph. The cultural evolution of human cooperation. Pp. 357-388, *in*: HAMMERSTEIN, Peter (ed.). *Genetic and cultural evolution of cooperation*. Cambridge, MA: MIT Press, 2003.
- RIDLEY, Mark. The evolution revolution [review of “The structure of evolutionary theory”, by Stephen Jay Gould]. *The New York Times*, March 17, 2002. Disponible en <<http://query.nytimes.com/gst/fullpage.html?res=9A00E2DF1330F934A25750C0A9649C8B63&sec=&spon=&pagewanted=1>>. Acceso en 28 Agosto 2007.
- SOBER, Elliott. *La filosofía de la biología* [1993]. Trad. de Tomás R. Fernández y Susana del Viso. Madrid: Alianza, 1996.
- SOBER, Elliott; WILSON, David Sloan. *Unto others: the evolution and psychology of unselfish behavior*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1998.

- STERELNY, Kim; SMITH, K.; DICKINSON, M. The extended replicator. *Biology and Philosophy* **11**: 377-403, 1996.
- STERELNY, Kim; GRIFFITHS, Paul E. *Sex and death*. Chicago: The University of Chicago Press, 1999.
- STERELNY Kim. *The evolution of agency and other essays*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- . *Thought in a hostile world*. New York: Blackwell, 2003.
- SZATHMÁRY, Eörs; MAYNARD SMITH, John M. From replicators to reproducers: the first major transitions leading to life. *Journal of Theoretical Biology* **187**: 555-571, 1997.
- TRIVERS, Robert L. The evolution of reciprocal altruism. *Quarterly Review of Biology* **46**: 35-57, 1971.
- WILLIAMS, George C. *Adaptation and natural selection*. New Jersey: Princeton University Press, 1966.
- . *Natural selection: domains, levels, and challenges*. Oxford: Oxford University Press. 1992.
- WILSON, David Sloan. *The natural selection of populations and communities*. Menlo Park: Benjamin/Cummings Publishing Co., 1980.
- WILSON, David Sloan, SOBER, Elliot. Re-introducing group selection to the human behavioral sciences. *Behavioral and Brain Sciences* **17**: 585-654, 1994. Disponible en:
<<http://www.bbsonline.org/Preprints/OldArchive/bbs.wilson>>
- WILSON, Robert A. Test cases, resolvability, and group selection: a critical examination of the Mixoma case. *Philosophy of Science* **71**: 380-401, 2004.
- . Levels of selection. Pp. 155-176, *in*: MATTHEN, Mohan; STEVENS, Christopher (eds.). *Handbook of the philosophy of science. Volume 2. Philosophy of biology*. Amsterdam: North-Holland, 2007.
- WIMSATT, Williams. Reductionist research strategies and their biases in the units of selection controversy [1976]. Reeditado en pp. 142-183, *in*: SOBER, Elliot (ed.). *Conceptual issues in evolutionary biology*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1984.
- WYNNE-EDWARDS, Vero Copner. *Animal dispersion in relation to social behaviour*. London: Oliver & Boyd, 1962.

Análise biossemiótica voltada para sistemas ecológicos*

Fernanda da Rocha Brando**
Ana Maria de Andrade Caldeira***

1 INTRODUÇÃO

A ecologia é a ciência que se dedica ao estudo das inter-relações e interações dos organismos com o ambiente e dos organismos entre si, como definido por Erns Haeckel em 1866. Esse objeto de estudo é complexo impossibilitando seu entendimento apenas pelo estudo de suas partes, pois como afirma Ernst Mayr “as interações dos componentes devem ser consideradas, tanto quanto as propriedades dos componentes isolados” (Mayr, 2005, p. 51). O autor afirma que é “precisamente essa interação das partes” que fornece as características mais evidentes na natureza (*ibid.*, p. 51).

Esse caráter complexo nos permite recorrer a sistemas de estudos filosóficos que possam ancorar o pensamento para o melhor entendimento de como esses conceitos biológicos são produzidos, interpretados e transpostos didaticamente.

A ecossemiótica se dedica ao estudo dos signos naturais na relação organismo e seu meio ambiente, segundo a concepção do autor Winfried Nöth (1996, p. 230). A presente pesquisa tem como objetivo propor um diagrama a partir de estudos semióticos, permitindo interpretar como os

* Apoio FAPESP-BIOTA.

** Estudante de doutorado do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (UNESP) Bauru, São Paulo, Brasil. Endereço: Rua Doutor Gaze Charur, 310, Jardim Brasília, Jaú - SP. Cep: 17212 280. E-mail: frochabrando@fc.unesp.br

*** Departamento de Educação da Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (UNESP) Bauru, São Paulo, Brasil.. E-mail: anacaldeira@fc.unesp.br

organismos se relacionam e constituem-se em sistemas hierarquicamente organizados, como por exemplo em comunidades.

Para melhor entendimento da ciência ecológica podemos estudá-la por meio de seus sistemas e as interações existentes entre eles. Para Robert E. Ricklefs, sistemas ecológicos podem ser entendidos como qualquer organismo, conjunto de organismos ou complexo de organismos em suas circunvizinhanças, unidos por alguma forma de interação ou dependência regular de partes do sistema umas com as outras (Ricklefs, 2003, p. 2). Ettore Bresciani Filho e Ítala Maria Loffredo D'Ottaviano ao explanarem sobre conceitos básicos de sistêmica, definem um sistema como “uma entidade unitária, de natureza complexa e organizada, constituída por um conjunto não vazio de elementos ativos que mantêm relações” (Bresciani & D'Ottaviano, 2000, pp. 284-285). Para os autores, as características dos sistemas variam no tempo garantindo-lhe sua própria identidade.

Ludwig von Bertalanffy em seu livro *Teoria geral dos sistemas* de 1973 nos esclarece que, na década de 1920, o enfoque mecanicista prevalecente nessa época “parecia desprezar ou negar de todo exatamente aquilo que é essencial nos fenômenos da vida” (Bertalanffy, 1973, p. 29). Para ele, era necessário à Biologia ocupar-se não apenas dos níveis moleculares e físico-químicos, mas também com os níveis mais elevados de organização da matéria viva. Nesse sentido, o autor defendia uma concepção “organísmica na Biologia”, “que acentuasse a consideração do organismo como totalidade ou sistema e visse o principal objetivo das ciências biológicas na descoberta dos princípios de organização em seus vários níveis” (*ibid.*, p. 29).

O estudo da Ecologia reforça o pensamento sistêmico e, dessa forma, os organismos podem ser vistos como complexas redes de interações. Entender os conceitos biológicos a partir dessa perspectiva permite que o indivíduo não fragmente os conhecimentos biológicos a serem aprendidos em relação ao seu corpo, ao ambiente e aos outros seres vivos que estão a sua volta, permitindo-lhe ver o mundo de forma integrada, organizada, contextualizada e em sua totalidade.

Michael Begon, Harper & Townsend introduzem o livro *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas* explanando que a Ecologia apresenta três níveis de interesse (os sistemas aos quais nos referimos): organismo individual; população, formada por indivíduos da mesma espécie; e comunidade que, de forma simplificada nesta parte introdutória, eles consideram como um número maior ou menor de populações (Begon, Harper & Townsend, 2007).

Nesse sentido, Begon, Harper & Townsend ainda destacam que quando o enfoque está voltado para o organismo, a Ecologia ocupa-se do modo como os indivíduos afetam e são afetados pelo seu ambiente. Tratando-se do nível de população, os estudos da Ecologia estão voltados para a presença ou ausência de determinadas espécies, da sua abundância ou raridade e das tendências e flutuações em seus números. Sobre a Ecologia de comunidades os autores relatam que a mesma trata da composição e organização de comunidades ecológicas. Evidenciam ainda que, além desses estudos, os ecólogos estudam as rotas seguidas pela energia e pela matéria à medida que estas se movem através dos organismos vivos e não-vivos, entendidas como o ecossistema, mais especificamente compreendido como a comunidade e o seu ambiente físico. Para os autores as interações entre os organismos bem como a transformação e o fluxo de energia e matéria podem ser entendidos de uma maneira geral como “interações” (Begon, Harper & Townsend, 2007).

Nesta proposta de pesquisa focaremos nossos estudos em comunidades ecológicas, mais especificamente na dinâmica de comunidades vegetais.

Comunidade biológica é um todo complexo formado pela coexistência de organismos (plantas, animais e microorganismos), e as relações de alimentação e outras interações entre essas entidades biológicas. As inter-relações que ocorrem dentro de uma comunidade dirigem o fluxo de energia e o ciclo dos elementos dentro do ecossistema, além de influenciarem os processos populacionais, determinando as abundâncias relativas dos organismos. Por selecionarem os genótipos, as inter-relações dentro de uma comunidade influenciam a evolução das espécies coexistentes (Ricklefs, 2003, p. 369).

Michael J. Crawley indica dois ecólogos americanos importantes do século XX, Frederic Edward Clements e Henry Allan Gleason, com pensamentos opostos, que contribuíram para o aprofundamento do debate das questões relacionadas ao conceito de comunidades ecológicas (Crawley, 1997, p. 476). Conforme a análise de Crawley, Clements acreditava que uma comunidade de plantas era um sistema integrado com numerosas propriedades análogas a um “superorganismo”, conceituando sucessão como um processo altamente ordenado e previsível (*ibid.*, pp. 476-477). Gleason ao contrário, via as comunidades de plantas como uma reunião “ao acaso” de espécies adaptadas, que não apresentavam propriedades típicas de organismos integrados, tais como homeostase, reestabelecimento e desenvolvimento previsível, como alegado por Clements (*ibid.*, pp. 477-478).

Ainda segundo Crawley, a comunidade vegetal para Clements é como uma entidade orgânica que nasce, cresce, amadurece e morre, e assim a sucessão ecológica caminhará para o clímax, um estado estável no qual o conjunto das comunidades vegetais de uma região estaria em equilíbrio com o clima presente (Crawley, 1997, p. 476).

Pascal Acot descreve que desde 1901 Clements evidenciara, a partir de seus estudos, a tendência da vegetação a se estabilizar (Acot, 1990, p. 47). Essa constatação, também conhecida como *homeostasia dos ecossistemas*, isto é, “sua tendência a resistir às transformações e a permanecer num estado de equilíbrio” foi uma das grandes descobertas da história da Ecologia (*ibid.*, p. 48).

Porém, hoje entendemos que a natureza não funciona de maneira simples e nem sempre se apresenta em equilíbrio. Várias teorias na perspectiva do não-equilíbrio têm sido desenvolvidas para melhor explicar os fenômenos ecológicos, contribuindo assim para um novo olhar na Ecologia.

2 ECOLOGIA DE COMUNIDADES: UMA BREVE APRESENTAÇÃO

A Ecologia de Comunidades, retratada por Thomas M. Lewinsohn como “uma das divisões formais mais amplamente reconhecidas da ciência ecológica”, é considerada pelo mesmo autor como uma área que “padece de um surpreendente nível de incerteza” (Lewinsohn, 2004, p. 105). Em seu texto intitulado “Em busca do Mons Venneris: é possível unificar as ecologias de comunidades?”, Lewinsohn discute os diferentes objetos de estudo designados pelo nome de comunidade e propõe um diagrama para a Ecologia de Comunidades (Lewinsohn, 2004).

Teresa Rocha Pité e Teresa Avelar expõem de maneira mais geral que a comunidade é o nível de estudo da Ecologia que coloca e tenta responder questões como:

Quantas espécies podem coexistir em equilíbrio? Qual a dinâmica espacial e temporal das espécies que a compõem? Qual o papel dos diferentes fatores (bióticos e abióticos, previsíveis e aleatórios) e da própria heterogeneidade dos meios na estruturação e regulação das suas diferentes espécies? Como é que os vários níveis tróficos estão organizados entre si? (Pité & Avelar, 1996, p. 170)

Esses questionamentos apresentados pelas autoras Pité e Avelar, assim como as diferentes abordagens de estudos na Ecologia de Comunidades apresentados por Lewinsohn, são de extrema importância para uma com-

preensão mais detalhada desta área da Ecologia, o que não é o foco deste trabalho.

Antes disso, há questionamentos que se colocam em relação aos limites de qualquer comunidade e, nesse sentido, apresentamos as visões de alguns autores que em sua época e ainda hoje são alvos de grandes controvérsias no cenário da Ecologia de Comunidades.

De um lado encontramos o conceito holístico, que Ricklefs define como “a visão de que a comunidade é um superorganismo, cujo funcionamento e organização podem ser apreciados somente quando é considerada como entidade completa” (Ricklefs, 2003, p. 369). Assim, só podemos compreender cada espécie considerando suas contribuições à dinâmica de todo o sistema. O autor enfatiza:

As relações ecológicas e evolutivas entre as espécies intensificam as propriedades da comunidade, tal como a estabilidade do fluxo de energia e a reciclagem de nutrientes, tornando uma comunidade muito mais do que a soma de suas partes. (Ricklefs, 2003, p. 369)

Sob o ponto de vista do outro extremo, o conceito individualista, temos que:

A estrutura e o funcionamento comunitário simplesmente expressam interações de espécies individuais que formam associações locais, e não refletem qualquer organização, propósito ou coisa semelhante acima do nível das espécies. (Ricklefs, 2003, p. 369)

Cada população dentro de uma comunidade está voltada para sua sobrevivência, influenciada pela seleção natural que tende a maximizar o resultado reprodutivo de cada indivíduo. Os esforços predatórios entre os indivíduos que formam a comunidade apresentam como resultado o fluxo de energia e nutrientes presentes no ecossistema.

Essas discussões sobre a concepção de comunidade deram-se principalmente entre os anos de 1950 e 1970 pelos ecologistas de plantas. Segundo Eugene P. Odum, assim como Pité e Avelar, Clements nos Estados Unidos, Josias Braun-Blanquet na França e Arthur Tansley na Inglaterra sugeriram que as comunidades de plantas terrestres são como unidades discretas com limites bem definidos, ou seja, com fronteiras objetivamente demarcáveis (Odum, 2004, p. 232; Pité & Avelar, 1996, p. 170). Gleason, Curtis e McIntosh, Whittaker, Goodall e outros acreditavam porém, que as populações respondiam independentemente aos gradientes ambientais de tal maneira que “as comunidades se sobrepõem parcialmente num *conti-*

num de modo que o reconhecimento de unidades discretas é arbitrário” (Odum, 2004, p. 232).

Atualmente os limites das comunidades são considerados arbitrários. Embora Begon, Harper & Townsend defendam que a visão atual é próxima do conceito individualista, Ricklefs reporta-se a um ponto de vista intermediário, que “aceita as premissas individualistas que a maioria das interações de espécies são antagonistas e de que as comunidades podem ser montadas desordenadamente”, porém admitindo “a premissa holística de que alguns atributos de estrutura e funcionamento comunitário surgem somente das interações entre as espécies” (Begon, Harper & Townsend, 2007, p. 478; Ricklefs, 2003, p. 369).

Pité e Avelar esclarecem que esses debates sobre a natureza da comunidade não são apenas teóricos, na medida em que essa natureza pode condicionar fenômenos importantes (Pité & Avelar, 1996, p.171). Distúrbios ambientais vêm ocorrendo com maior frequência podendo acarretar conseqüências desfavoráveis e imprevisíveis em espécies e comunidades. Nesse sentido as autoras explanam que, para escolher os melhores meios de evitar tais conseqüências, é necessário “decidir se queremos preservar comunidades como um todo, ou apenas espécies” (*ibid.*, 1996, p.171). Fazem referências a “dados que indicam que diferentes espécies reagiram individualmente às mudanças climáticas do passado, tendo-se formado comunidades diferentes das que existem atualmente” (*ibid.*, 1996, p. 171), defendendo a visão de preservação de espécies e não de comunidades. Porém, evidenciam que “para que essas espécies possam existir em conjuntos ecológica-mente viáveis, temos também que compreender, de modo a eventualmente podermos restabelecer, os processos estruturadores das comunidades” (*ibid.*, 1996, p. 172).

Dessa forma não podemos excluir a existência de padrões que surgem ao nível de comunidade, entre os quais encontram-se a estrutura específica, a estrutura trófica e seu funcionamento.

Joseph H. Connell e Ralph O. Slatyer em famoso artigo intitulado “Mechanisms of successions in natural communities and their role in community stability and organization” explanam que a sucessão refere-se às mudanças observadas em uma comunidade ecológica iniciada por uma perturbação ocorrida num espaço relativamente grande (Connell e Slatyer, 1977, p. 1.119). Para os autores, os estudos mais antigos referiam-se à seqüência das espécies que invadiam sucessivamente um local; estudos mais recentes descrevem essas mudanças a partir de outras características como a biomassa, a produtividade, a diversidade, a largura do nicho (*ibid.*, p. 1.119).

Ricklefs relata que o desenvolvimento das comunidades se dá num estado de fluxo contínuo. Organismos nascem, crescem, morrem e a energia e os nutrientes transitam através das comunidades. Porém, para o autor, a aparência e a composição da maioria das comunidades não sofrem mudanças apreciáveis ao longo do tempo (Ricklefs, 2003, p. 389).

Para Odum, a sucessão ecológica se desenvolve segundo três parâmetros:

- (1) É um processo ordenado de desenvolvimento da comunidade que envolve alterações na estrutura específica e nos processos da comunidade com o tempo; é razoavelmente dirigido e, portanto, previsível.
- (2) Resulta da modificação do ambiente físico pela comunidade; i é, a sucessão é controlada pela comunidade, embora o ambiente físico determine o padrão e o ritmo de alteração e imponha com frequência limites à possibilidade de desenvolvimento.
- (3) Culmina num ecossistema estabilizado, no qual são mantidos, por unidade de corrente de energia disponível, a máxima biomassa (ou elevado conteúdo de informação) e a função simbiótica entre os organismos. (Odum, 2004, p. 403)

Por sucessão primária entende-se o estabelecimento e o desenvolvimento de plantas em substratos recém-formados, que sofre modificações substanciais causadas direta ou indiretamente pelos organismos pioneiros. Após uma grande perturbação, distúrbio natural ou não, ocorre a sucessão secundária, isto é, o retorno de uma vegetação à sua área natural (Ricklefs, 2004, p. 391; Pité & Avelar, 1996, p. 192; Begon, Harper & Townsend, 2007, p. 479).

Odum explica que o nome *sere* é dado à seqüência inteira de comunidades que se substituem umas às outras numa dada área. As etapas *serais* ou etapas de desenvolvimento ou mesmo etapas de exploração são as denominações dadas às comunidades relativamente transitórias, e quando se tem o sistema estabilizado terminal tem-se o *clímax*. A substituição de espécies que ocorre na sere se dá por conta das modificações que as populações provocam no ambiente físico, criando condições favoráveis para outras populações, até que seja alcançado o equilíbrio entre o biótico e abiótico. O autor enfatiza que a comunidade clímax é autoperpetuável e está em equilíbrio com o hábitat físico, alegando que “presumivelmente” a produção anual e importação de matéria orgânica estão equilibradas com o consumo anual da comunidade e a exportação. Admite que, mesmo arbitrariamente, é conveniente reconhecer para uma dada região: “(1) um só clímax climático, que está em equilíbrio com o clima geral e, (2) um número variá-

vel de climaxes edáficos, que são modificados por condições locais do substrato” (Odum, 2004, p. 423).

A sucessão proposta por Frederic Clements em 1916 é um processo determinista e organizado, assemelhando-se ao desenvolvimento de um organismo, dando finalmente origem ao clímax ou estado final (o que corresponderia à fase adulta de um organismo) (Pité e Avelar, 1996, p. 193).

Frederic Clements defendeu a hipótese de monoclímax, dizendo que haveria apenas um clímax para cada região sendo o clima o fator predominante, denominando-o de clímax climático. Essa visão de monoclímax incomodou muitos ecólogos, entre os quais Tansley que, em 1939, propôs a teoria de policlímax, reconhecendo que haveria várias possibilidades de estágios finais possíveis para um processo sucessório, isto é, vários seriam os fatores que poderiam controlar a sucessão, tais como clima, condição de solo, topografia, fogo, etc. (Begon, Harper & Townsend, 2007, p. 488). Robert Whittaker por sua vez, em 1953, propõe a hipótese de clímax padrão, reconhecendo um “padrão regional de comunidades clímax aberto cuja composição em qualquer localidade depende das condições ambientais particulares daquele ponto” (Ricklefs, 1996, p. 360).

Na teoria de Gleason proposta em 1962 o processo da sucessão é menos determinista, “as espécies independem umas das outras e a própria noção de clímax final previsível e imutável é discutível” (Pité & Avelar, 1996, p. 193).

Sob esses dois diferentes pontos de vistas de organização de uma comunidade é possível prever diferentes padrões de distribuição de espécies ao longo dos gradientes geográficos e ecológicos. Assim, sob um ponto de vista holístico, lida com a íntima associação entre as espécies pertencentes a uma comunidade, “os limites de distribuição ecológica de cada espécie coincidirão com a distribuição da comunidade como um todo” e, dessa forma, teríamos uma organização comunitária conhecida como comunidade fechada (Ricklefs, 2003, p. 371).

Dentro da visão individualista, cada espécie estaria distribuída independentemente das outras concorrentes numa determinada associação, a organização comunitária se comportaria como uma comunidade aberta, não apresentando fronteiras naturais (Ricklefs, 2003, p. 371). Portanto:

Seus limites são arbitrários em relação às distribuições geográficas e ecológicas de suas espécies-membro, que podem estender suas abrangências independentemente para dentro de outras associações. (Ricklefs, 2003, p. 371)

O conceito de comunidade fechada foi perdendo sustentabilidade à medida que os estudos das distribuições de plantas eram mais detalhados e se ajustavam cada vez menos a este conceito. Por outro lado, os ecólogos se interessavam mais pelo conceito aberto de organização comunitária, conhecido pelo conceito de *continuum* (Ricklefs, 2003, p. 374):

De acordo com este conceito, dentro de habitats amplamente definidos, como florestas, campos ou estuários, as populações de plantas e animais substituem-se umas às outras ao longo de gradientes de condições físicas. (Ricklefs, 2003, p. 374)

Alguns estudos desenvolvidos por Wittaker e outros autores demonstraram que espécies de plantas estariam distribuídas “mais ou menos independentemente ao longo de intervalos de condições ecológicas”, encontrando poucos casos visíveis de associações consistentes entre espécies, os quais foram “sobrepajados pela estrutura predominantemente aberta das comunidades ecológicas” (Ricklefs, 2003, p. 375).

Teorias sobre auto-organização, complexidade e termodinâmica aplicadas à Ecologia evidenciam um novo olhar sobre os sistemas ecológicos.

3 REFERENCIAL SEMIÓTICO

A contribuição do referencial semiótico no campo das ciências naturais fundamenta-se na concepção da teoria sógnica de que o signo esta presente em toda e qualquer espécie de fenômeno que ocorra no Universo. Para Charles Sanders Peirce (1839-1914) “Todo universo é penetrado por signos, se não se compõe até somente de signos” (Peirce, 1931-1958, vol. 5, § 448).

O campo de investigação da semiótica é vasto e sustentado por referenciais que tratam o signo em diferentes perspectivas. Assim como explica Nöth “nem toda semiótica pode reconhecer na natureza da relação organismo-meio ambiente aspectos semióticos” e, portanto, a escolha do referencial peirceano permite investigar os processos sógnicos na natureza e contribuir com diagramas analíticos que fornecerão possibilidades de se estudar as relações que se estabelecem, por exemplo, nos fenômenos biológicos (Nöth, 1996, p. 235).

Um conceito fundamental na obra de Peirce é o de signo definido como:

Qualquer coisa que, de um lado, é assim determinado por um objeto e, de outro, assim determina uma idéia na mente de uma pessoa; esta ultima de-

terminação, que denomino interpretante do signo é, desse modo mediata-mente determinada por aquele objeto. Um signo, assim, tem uma relação triádica com seu objeto e com seu interpretante. (Peirce, 1931-1958, vol. 8, § 343)

As relações sîgnicas entre os organismos no meio ambiente humano são distinguidas por Peirce como aquelas de natureza meramente diádica e outras de natureza triádica, sendo que somente estas últimas são consideradas do tipo semiótico:

Na interação semiótica o indivíduo não mais experimenta os objetos de seu meio ambiente na sua imediaticidade, mas os interpreta em relação a algo terceiro, um significado que remete a algo além do ambiente imediato, um fim, um objetivo, uma regularidade (Nöth, 1996, p. 235).

Para Peirce “devemos pois distinguir o primeiro, o segundo e o terceiro correlato de qualquer relação triádica” (Peirce, 1995, p.49).

A Primeiridade está relacionada com a idéia de potencialidade (signo, representamen). A Secundidade se caracteriza pelo confronto, existência (objeto) e a Terceiridade constitui-se o hábito, regra geral, continuidade (interpretante). Lauro Frederico Barbosa Silveira ao interpretar as categorias gerais assim as define:

Procedendo por uma inspeção do universo da experiência a qual convido todo leitor a também realizar, Peirce conclui que três formas básicas e irreduzíveis se apresentam: a potencialidade positiva, característica da espontaneidade e da liberdade presentes no universo; a existência ou factualidade, que se manifesta como oposição a um outro, e a generalidade, pensamento ou lei, que se apresenta em toda regularidade, diversificação e crescimento. (Silveira, 1996, p. 41)

Essas categorias estão presentes na elaboração do diagrama. A idéia que se apresenta é munir-se dessas categorias fenomenológicas, procurando estabelecer relações com as variáveis presentes nos processos estudados pela Ecologia.

4 NICHOS ECOLÓGICOS

Sendo a proposta deste trabalho apresentar um diagrama semiótico que busque interpretar como ocorre a rede de informações no complexo do ambiente natural, elegemos o nicho ecológico como elemento focal para os estudos dessas relações e a partir dele desenvolveremos nossos estudos.

Um artigo de Fernanda Aparecida Meghioratti, Ana Maria de Andrade Caldeira e Jehud Bortolozzi (2006, pp. 91-105), intitulado “O conceito de interação na organização dos seres vivos”, descreve mais detalhadamente o conceito de nível focal, que permite delimitar os estudos das relações dos níveis inferiores e superiores a ele em um determinado sistema biológico.

A representação de sistemas complexos pode ser realizada a partir de uma hierarquia escalar (Meghioratti, Caldeira & Bortolozzi, 2006; Salthe 1985; Salthe, 2001). Para a utilização desta hierarquia, é necessário estipular um nível focal (no qual ocorre o fenômeno de interesse), bem como os níveis superior e inferior, compondo um sistema triádico. O nível superior estabelece condições de contorno para os processos no nível focal, enquanto o nível inferior estabelece condições iniciadoras potenciais para os processos focais. No presente artigo a hierarquia escalar utilizada estabelece o nicho ecológico como ponto focal de análise. Essa escolha corrobora com o sistema peirceano triádico também baseado em relações hierárquicas de dependência para a organização do seu sistema filosófico, como afirma João Queiroz (2004, p. 19).

A seguir reunimos as principais definições sobre o conceito de nicho que normalmente são tratadas nos livros textos de Ecologia e que são tomadas como referências para o ensino nos cursos de ciências biológicas. Essas definições foram reunidas aqui unicamente com a intenção de servir como ponto de partida para traçarmos nosso diagrama.

Aprendemos em Ecologia que hábitat de um organismo é o lugar onde o mesmo vive e nicho ecológico o papel que esse organismo desempenha. Odum por exemplo, relata que nicho ecológico inclui não só o ambiente físico ocupado pelo organismo, mas também “seu papel funcional na comunidade e a sua posição em gradientes ambientais de temperatura, umidade, pH, solo e outras condições de existência” (Odum, 1998, p. 254). Ricklefs refere-se ao nicho ecológico, explanando que este é representado pelos intervalos de condições que o organismo pode tolerar e os modos de vida que ele possui, concluindo assim como “seu papel no sistema ecológico” (Ricklefs, 2003, p. 9).

Ricardo Motta Pinto-Coelho considera que “se uma comunidade pode ser vista como uma constelação de nichos, a sucessão opera dentro de cada um deles” (Pinto-Coelho, 2000, p. 125). Faz essa observação por considerar que os atributos de uma comunidade, como o número de espécies e suas abundâncias relativas são medidas superficiais que refletem as características do hábitat ou as interações entre as espécies, e sendo assim, os padrões que observamos na estrutura de uma comunidade nada mais são

do que resultados de interações ecológicas e evolucionárias entre populações que a compõe. Dessa forma, evidencia que uma das ferramentas mais interessantes para estudar os processos de interações entre espécies de uma comunidade é o nicho ecológico (*ibid.*, p. 125).

Richard Lewontin quando trata da relação organismo e ambiente, descreve alguns problemas causados pela definição arbitrária de nichos ecológicos na ausência de organismos (Lewontin, 2002, p. 49). Comenta que muitas vezes na Ecologia “nicho ecológico consiste em um termo técnico usado universalmente para denotar o complexo de relações entre uma espécie particular e o mundo exterior” (*ibid.*, p. 49). Acrescenta ainda que a concepção de que “o ambiente de um organismo é causalmente independente dele e de que as alterações no ambiente são autônomas e independentes das alterações na própria espécie”, está claramente equivocada (*ibid.*, p. 53).

Assim, reforça a idéia de que para entender este conceito é necessário que o entendamos como consequência da natureza dos próprios organismos que o compõem. Nesse sentido o autor esclarece alguns aspectos da relação entre organismo e ambiente:

1. os organismos determinam quais elementos do mundo exterior devem estar presentes para a constituição dos seus ambientes e quais relações entre esses elementos são relevantes para ele;
2. os organismos não só determinam os aspectos do mundo exterior que são relevantes para eles, em função de peculiaridades da sua forma e de seu metabolismo, como também constroem ativamente [...] um mundo à sua volta;
3. os organismos não se limitam a determinar o que é relevante e a criar um conjunto de relações físicas entre os aspectos relevantes do mundo exterior [...] também promovem um processo constante de alteração do seu ambiente;
4. os organismos modulam as propriedades estatísticas das condições externas à medida que essas condições se tornam parte do seu ambiente;
5. os organismos determinam, pela sua biologia, a natureza física real dos sinais advindos do exterior [...] transduzem um sinal físico em outro bem diferente, e é o resultado dessa transdução que as funções do organismo percebem como variável ambiental. (Lewontin, 2002, pp. 57-68)

Concordamos com o autor quando afirma que o nicho ecológico se dá pela interação entre organismo e ambiente, entendendo que ambiente é tudo aquilo que “envolve ou cerca, mas, para que haja envolvimento, é preciso que haja algo no centro para ser envolvido” (Lewontin, 2002, p. 54).

Dessa forma só é possível conceber a distribuição geográfica e temporal das espécies como o espaço definido pelas atividades dos próprios organismos.

5 PROPOSIÇÃO DE UM DIAGRAMA

Jesper Hoffmeyer e Claus Emmeche apresentam um diagrama em que o DNA aparece como elo do código dual, no qual processos ontogenéticos e filogenéticos podem ser observados conjuntamente. Ressaltamos, porém, que, para os autores, estes dois processos não acontecem em um mesmo nível, pois um ocorre no nível de cada organismo (verticalmente), também chamado pelos autores de descrição analógica, e outro ocorre em nível de populações ou linhagens, em caráter evolutivo, chamado por eles de descrição digital (horizontalmente). Conciliando o código dual estabelecido com a relação triádica signica de Peirce, na perspectiva analógica (relação triádica analisada verticalmente), o DNA se comporta como signo evolucionário (potencialidade, primeiridade) passado através de gerações, e o zigoto, que selecionaria tais signos, o interpretante. O organismo, que é a existência (objeto) com a qual se confronta o DNA, necessariamente morre. Porém, o zigoto sobrevive através da reprodução sexual, continuando a cadeia da vida (Hoffmeyer & Emmeche, 1991).

Além disso, segundo os autores, o DNA estaria envolvido com a perspectiva digital, num processo semiótico horizontal. Considerando essa comunicação horizontal, a tríade organismo-zigoto-DNA, analisada anteriormente numa perspectiva analógica (vertical), torna-se parte da existência ecológica, ou seja, apresenta-se agora como objeto da relação triádica horizontal que, confrontado com o nicho ecológico, o qual se apresenta como signo primário, será interpretado pela linhagem (Hoffmeyer & Emmeche, 1991).

Ana Maria de Andrade Caldeira (1997) em sua tese de doutorado intitulada “Vida: uma constante experiência” apresenta uma análise semiótica da Biologia evolutiva propondo um diagrama para o estudo das questões como diversidade, acaso e relações ambientais.

Para a autora:

A diversidade surge como o grande resultado experienciador da natureza, processo esse dinâmico que se complexifica cada vez mais, num movimento em que diversidade gera mais diversidade e, em constantes modificações, ainda que a exigüidade do tempo de nossas vidas não permita um acompanhamento dessas mudanças. (Caldeira, 1997, p. 131)

Caldeira ressalta que a diversidade provê alternativas a partir de diversos mecanismos que a organização natural possa enfrentar, buscando incessantemente a manutenção de inúmeras e variadas formas de vida em harmonia (Caldeira, 1997, p. 100).

A partir dos estudos de modelos de exploração semiótica para o entendimento da natureza proposta por Hoffmeyer e Emmeche (1991) e Caldeira (1997), tomamos algumas categorias ecológicas e procuramos por meio delas traçar um diagrama triádico que pudesse representar as categorias fenomenológicas peirceanas de potencialidade, existência e continuidade.

Assim o signo primário seria composto pela relação entre a potencialidade presente nos genomas que, em confronto com os componentes ambientais, se expressam nos organismos vivos. Este existente, determinado aqui como um organismo que mantém interações com o ambiente, relações caracterizadas por fatores bióticos e abióticos, determinando o nicho ecológico, comporta-se como objeto da tríade que interpreta a relação que se mantém na continuidade das espécies. O signo primário e a semiose desencadeada estão inseridos no *continuum* espaço tempo.

Exemplificando: depois de um grande distúrbio, natural ou não, em uma dada região, a disponibilidade de sementes é muito variável, pois pode ocorrer que o evento tenha sido de tal dimensão a ponto de extinguir o banco de sementes das espécies singulares dessa região. Dessa forma, para que o local se restabeleça biologicamente, faz-se necessário a migração de sementes vindas de outras regiões, para que seja iniciada a sucessão. Essas sementes vegetais devem possuir características de espécies pioneiras, características tais que possibilitem o seu estabelecimento no ambiente impactado.

Para que essas sementes se estabeleçam, pressupõe-se que ocorreram interações entre estas e destas com o ambiente, originando dessas interações organismos que se manterão constantemente interagindo com os fatores ambientais e com outros indivíduos, constituindo um nicho ecológico. O nicho ecológico é a categoria que representa a relação entre os existentes organismos-ambiente e que, ao longo da variação espaço-tempo, sofrerá interações com outros nichos. Essas interações entre os organismos determinarão a continuidade das espécies que restabeleceram a vida naquele local.

Essa continuidade de espécies será responsável pelo fornecimento de novas sementes, que potencialmente podem, de acordo com as interações organismo-ambiente (nicho), se expressar ou não, apresentando ou não a fisionomia da vegetação anterior.

O signo assim formado pela tríade semente-organismo-continuidade de espécies em confronto com as interações ecológicas representam “uniformidades”. Para Peirce “as uniformidades nos modos de ação das coisas surgem no fato delas adquirirem hábitos” (Peirce, 1931-1958, vol. 1, § 409).

Essa dinâmica de gerar hábitos (nascer, crescer, gerar descendentes e morrer) constitui-se numa regularidade evidente na natureza que mantém a diversidade dos ecossistemas. Assim como explana Peirce “três elementos estão ativos no mundo: primeiro o acaso; segundo, a lei; e terceiro, a aquisição de hábitos” (Peirce, 1931-1958, vol. 1, § 409).

Silveira ressalta ainda que:

Como princípio de uma tendência universal, a aquisição de hábitos não exige outras leis que a fundamentem. Num primeiro momento [...] antes de qualquer contínuo, seja sequer o espaço e o tempo, com a presença única da Primeiridade, esta tendência casualmente dará lugar a existentes como interseções cada vez mais estáveis de qualidades, formas características de Secundidade e desta, sim, a regularidades, ao contínuo e à lei, manifestações de Terceiridade (Silveira, 2000, p. 135).

Esse percurso analítico pode, ao se concretizar, auxiliar o entendimento de questões de diferentes naturezas, tais como: a) ampliar os estudos ecológicos a partir de outros referenciais, como a biossemiótica; b) produzir estudos teóricos, sobre Ecologia de forma particular, e Biologia em geral, para serem utilizados nos cursos de formação inicial; c) proporcionar um ensino de Biologia menos fragmentado para que futuros professores e cientistas possam, ainda em sua fase de formação, estudar os processos biológicos no interior de sua complexidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOT, Pascal. *História da Ecologia*. Tradução de Carlota Gomes. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- BEGON, Michael; HARPER, John L; TOWNSEND, Colin R. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Tradução de Adriano Sanches Melo. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. *Teoria geral dos sistemas*. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.
- BRESCIANI, Ettore Filho; D’OTTAVIANO, Ítala Maria Loffredo. Conceitos básicos de sistêmica. Pp. 283-306, *in*: D’OTTAVIANO, Ítala Maria Loffredo; GONZALES, Maria E. Q. (eds.). *Auto-organização: estu-*

- dos interdisciplinares*. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2000. (Coleção CLE; v. 30).
- CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. *Vida: uma constante experiência*. 1997. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, *Campus* de Marília, Universidade Estadual Paulista, Marília, 1997.
- CONNELL, Joseph H. & SLATYER, Ralph. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* **111**: 1119-1144, 1977.
- CRAWLEY, Michael J. *Planet ecology*. 2. ed. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1997.
- HOFFMEYER, Jesper & EMMECHE, Claus. Code-duality and the semiotics of nature. Pp. 117-166 *in*: Anderson e Merrel (orgs). *On semiotic modeling* Berlin: Mouton de Gruyter, 1991.
- LEWINSOHN, Thomas M. Em busca do Mons Venneris: é possível unificar as ecologias de comunidades? Pp. 105-122 *in*: COELHO, A. S.; LOYOLA, Rafael Dias; SOUZA, M. B. G. (orgs.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da Ecologia no Brasil*. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.
- LEWONTIN, Richard. *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente*. Tradução de José Viegas Filho. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- MAYR, Ernst. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Tradução de Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; BORTOLOZZI, Jehud. O conceito de interação na organização dos seres vivos. Pp. 91-105 *in*: PRESTES, Maria Elice Brzezinski, MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira, STEFANO, Waldir (orgs). *Filosofia e história da biologia 1*. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa – MackPesquisa, 2006.
- NÖTH, Winfried. *A semiótica no século XX*. São Paulo: Annablume, 1996.
- ODUM, Eugene. P. *Fundamentos de ecologia*. Tradução de Antônio Manuel de Azevedo Gomes. 7ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.
- . *Ecologia*. Tradução de Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- PEIRCE, Charles S. *Semiótica*. São Paulo: Perspectiva, 1995.
- . *Collected papers of Charles S. Peirce* 8 vols. Editado por Hartshorne, Charles, Paul Weiss e Arthur Burks. Cambridge, MA. Harvard University Press. 1931-1958.

- PINTO-COELHO, Ricardo Motta. *Fundamentos da Ecologia*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
- PITÉ, M. Teresa Rocha; AVELAR, Teresa. *Ecologia das populações e das comunidades: uma abordagem evolutiva do estudo da biodiversidade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- QUEIROZ, João. *Semiose segundo C. S. Peirce*. São Paulo: EDUC/FAPESP, 2004.
- RICKLEFS, Robert E. *A economia da natureza*. Tradução de Cecília Bueno, Pedro P. de Lima-e-Silva e Patrícia Mousinho. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- . *A economia da natureza*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- SALTHER, Stanley. *Evolving hierarchical systems: their structure and representation*. New York: Columbia University Press, 1985.
- . *Summary of the principles of hierarchy theory* (2001). Disponível em: <http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy_th.html>. Acesso em: 22 de junho de 2006.
- SILVEIRA, Lauro Frederico Barbosa. Acaso, existência e lei num universo em evolução. *Cognitio Revista de Filosofia* (1): 127-137, 2000.
- . A iconicidade dos signos lingüístico e algumas de suas conseqüências. Pp. 35-53, *in*: OLIVEIRA, Sergio Lopes; PARLATO, Erika Maria; RABELLO, Silvana (orgs). *O falar da linguagem*. São Paulo: Lovise, 1996. (Linguagem, 1)

Raça, clima e imigração no pensamento social brasileiro na virada do século XIX para o XX

Fernanda Rebelo*

1 INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XIX, o "nacionalismo étnico", impulsionado pelos movimentos nacionalistas, pelas imigrações e pela ciência¹, ajudou a transformar raça em um conceito central nas ciências sociais². Este trabalho pretende fazer uma revisão bibliográfica em torno das questões que envolveram os temas raça, clima e imigração, como eles foram pensados, discutidos pelas elites intelectuais e políticas entre a metade do século XIX e início do XX no Brasil. Os assuntos abordados serão: as primeiras idéias sobre raça que deram origem ao racismo científico no contexto internacional; a inserção social da ciência, através da relação entre

* Estudante de doutorado, Curso de Pós-Graduação em História das Ciências da Saúde da Casa de Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz. Rua Sambaíba, 351/102, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22450-140. E-mail: feferebelo@yahoo.com.br

¹ O termo "ciência" será sempre utilizado neste texto com o entendimento de que "Revolução Científica é o nome dado pelos historiadores da ciência ao período da história européia em que os fundamentos conceituais, metodológicos e institucionais da ciência moderna foram assentados pela primeira vez" (Henry, 1998, p. 13). Dessa forma, a ciência é também uma construção do historiador. Porém, "construção social" da ciência é também interpretada aqui, tendo como referência o trabalho de Ian Hacking (2001, pp. 10-12), no sentido das "ideas in their matrices", ou seja, que as idéias de "construção" – o construtivismo histórico – devem ser classificadas dentro de suas matrizes. Assim, devemos levar também em consideração as questões sociais, individuais e políticas, pois sem essa contextualização, as "idéias" simplesmente não existem.

² Esta discussão, sobre movimentos nacionalistas, emergência do conceito de raça e imigração, pode ser revista em artigo de Giralda Seyferth (1996, pp. 42-74), a autora utiliza como referência o termo "nacionalismo étnico", cunhado por Eric Hobsbawn (1992).

biologia e teoria social; o problema dos determinismos geográfico, climático e racial nos trópicos; como o conceito de raça se inseria na chave da climatologia no Brasil, os debates sobre a insalubridade dos trópicos, a degenerescência da população brasileira e as possibilidades de aclimatação e aclimação dos imigrantes; a eugenia e sua relação com as políticas de imigração; e ainda, como essas questões puderam ter influenciado as políticas imigratórias no Brasil.

2 IDÉIAS SOBRE RAÇA

Segundo Stephen Jay Gould (1999, p. 18), ao avaliarmos o alcance da influência exercida pelas ciências nas idéias sobre raça dos séculos XVIII e XIX, devemos, em primeiro lugar, reconhecer o contexto cultural de uma sociedade cujos líderes e intelectuais já estavam inseridos no pensamento de que existiam hierarquias sociais entre raças, com a supremacia do branco, o índio abaixo do branco, e os negros abaixo de todos os outros.

As grandes viagens, a descoberta do Novo Mundo e a colonização inauguraram um momento específico da história ocidental, quando começa-se a perceber a diferença entre homens e culturas. Nos relatos de viagens, esses “novos homens” eram descritos como estranhos em seus costumes e diversos em sua natureza. No entanto, é no século XVIII que os povos selvagens passam a ser caracterizados como primitivos, porque estariam no começo do gênese humano. A humanidade neste momento passa a ser dividida então em espécie, com uma única evolução e uma possível “perfectibilidade”³ (Schwarcz, 1993, p. 44).

Dessa forma, entendemos este debate como uma contraposição entre o modelo igualitário da Ilustração e as doutrinas raciais. Porém, a questão da hierarquia entre a humanidade tem origem mais remota. O pensamento sobre a questão racial, em um primeiro momento, se aglutinou em duas vertentes, o monogenismo e o poligenismo.

³ A “perfectibilidade” é um conceito chave na teoria humanista de Rousseau, resumia, conjuntamente com a “liberdade” de resistir aos ditames da natureza ou acordar neles, uma especificidade propriamente humana. Longe da concepção que será utilizada pelos evolucionistas no decorrer do século XIX, a visão humanista entedia, a partir desta noção, a capacidade inerente a todos os homens de sempre se superarem. A perfectibilidade, no entanto, não supunha o acesso obrigatório à civilização como desejavam os teóricos do século XIX. Para aprofundar esta discussão ver Lilian Schwarcz (1993, pp. 44-65) e Gould (1999, capítulo I).

O monogenismo dominou até meados do século XIX e congregou a maior parte dos pensadores que, de acordo com as escrituras bíblicas, acreditavam numa origem única da humanidade. O homem teria se originado de uma fonte comum, sendo os diferentes tipos humanos o produto de degeneração maior ou menor em relação à perfeição do Éden. A origem comum garantia um desenvolvimento, mais rápido ou mais devagar, porém de todos (Schwarcz, 1933, p. 48).

O poligenismo dava uma interpretação biológica da análise dos comportamentos humanos que passam a ser vistos à luz das leis biológicas. Os pensadores poligenistas acreditavam na existência de vários centros de criação, que corresponderiam às diferenças raciais. A partir de meados do século XIX, com a sofisticação das ciências biológicas, a hipótese poligenista passa a ser a mais defendida, pois era a hipótese que carregava uma “verdade” científica. Esse viés tornou-se fortalecido sobretudo a partir do nascimento da frenologia e da antropometria, ciências que passavam a interpretar a capacidade humana tomando como referência a medição do tamanho dos cérebros dos diferentes povos. Essas novas ciências tinham o aval do método quantitativo, a estatística, tudo passa então a ser medido e calculado, o que Pierre Darmon (1991) chamou de “febre das medições”⁴.

3 BIOLOGIA E TEORIA SOCIAL

A ruptura com o pensamento Ilustrado, no século XVIII, leva então a humanidade a ser percebida como espécie, dentro da chave poligenista. Para Lilian Schwarcz (1993, p. 54), somente com a publicação e divulgação de *A origem das espécies*, em 1859, de Charles Darwin (1809-1882), que o embate entre monogenistas e poligenistas ameniza-se. A autora entende o conceito de evolução desenvolvido por Darwin como um paradigma⁵, pois ele dispunha de predecessores, bem como de aliados que sustentavam pontos-chaves de sua teoria⁶. O impacto de sua obra foi tanto que a teoria

⁴ Sobre monogenismo e poligenismo ver Schwarcz (1993, pp. 48-49); Gould (1999, pp. 26-29). Sobre a frenologia, craniologia, antropometria ver Schwarcz (1993, pp. 49-54); Darmon (1991); Gould (1999, cap. 1). Gould faz também uma alusão aos problemas relacionados ao método quantitativo, no sentido de que estes estão sujeitos a condicionamentos culturais e preconceitos “a priori” dos cientistas (Gould, 1999, p. 11).

⁵ Paradigma é utilizado aqui na chave Kuhniana: “Paradigmas são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes da ciência” (Kuhn, 1991, p. 13).

⁶ Antes de Darwin, e também de Alfred Russel Wallace (1823-1913), já existiam estudos

evolucionista passou a constituir um paradigma diluindo antigas disputas. O darwinismo forneceu uma nova relação com a natureza, passando a ser aplicado a diversas teorias sociais como antropologia, sociologia, história, teoria política e economia, formando uma geração social darwinista. Conceitos como “competição”, “seleção do mais forte”, “evolução”, “hereditariedade” passaram a ser aplicados na análise do comportamento da sociedade (Schwarcz, 1993, pp. 55-56).

No entanto, a relação entre biologia e sociologia também pode ser analisada sob um outro viés, quando se faz, por exemplo, referência aos escritos de Auguste Comte (1798-1857) e Herbert Spencer (1820-1903). Para John Greene (1959, p. 419), a primeira especulação evolucionária na moderna teoria social⁷ aparece no mesmo momento em que as primeiras idéias sobre o “transformismo” na biologia aparecem, ou seja, na metade do século XVIII. Após a Revolução Francesa, surgiram propostas de criação de uma ciência social para ordenar a sociedade, banir superstições e guiar o homem para o progresso. No século XIX, a ciência social seria apontada como a solução para os problemas políticos e econômicos.

Comte funda o que chama de sociologia positivista (1830/32), sua ciência seria comprometida com as leis da evolução social. Na sua concepção, a antiga ordem havia sido destruída, não pela Revolução Francesa, mas pelo crescimento da ciência – Deus estava morto e pouco se podia fazer para restaurar a harmonia social e política, até que um novo sistema de crenças positivas fosse erigido em fundamentos científicos. A evolução social não

sobre plantas e animais do mundo. Estes estudos estavam intimamente ligados à emergência do colonialismo. Os cirurgiões navais e oficiais coloniais tiveram um papel muito importante no descobrimentos de novas espécies do Novo Mundo; as viagens tinham uma função clara, além de exploratórias eram realizadas também para marcar territórios. Para uma discussão sobre a Biogeografia e o ethos nacionalista ver o artigo “A science of empire: British biogeography before Darwin”, de Janet Browne (1992); Stephen Jay Gould (1987, p. 13, *apud* Schwarcz, 1993, p. 256) também se refere a outras teorias que na mesma época falavam em evolução, como as de Wallace. Ele não se refere a Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), já que para este, a evolução não se dava por meio da seleção natural, mas em função da adaptação.

⁷ Aqui, Greene está se referindo ao escrito de Denis Diderot (1713-1784), *Rousseau's discourse on the origins and foundations of inequality among men* (1743). Neste famoso ensaio, publicado em 1754, Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) desenvolveu a teoria da evolução humana. Ele chega à conclusão de que o homem começou sua vida na terra como uma criatura que não se distinguia dos outros animais a não ser por sua capacidade de se aperfeiçoar. Para aprofundar a questão ver Greene (1959, p. 419).

se daria ao acaso, mas era inevitável. Para Greene (1959, pp. 419-440), no entanto, não era propriamente da biologia de onde vinham as influências de Comte, não eram de Lamarck, mas sim dos escritos de Marie-François Xavier Bichat (1771-1802) e Franz Joseph Gall (1758-1828). Seu problema não se referia também a dúvidas sobre a transmissibilidade dos caracteres adquiridos, isso era uma idéia incontestável. Para ele, o “erro” de Lamarck consistia em assumir que os organismos estavam indefinidamente em modificação. Extinção e não modificações progressivas era a consequência das alterações, as quais destruíam o equilíbrio entre organismo e meio. Dessa forma, a principal influência de Comte teria vindo da fisiologia – Bichat e a hierarquia de organismo – e não da biologia (como na *Philosophie zoologique* de Lamarck).

Comte estava mais interessado no progresso da raça humana (branca) e menos na evolução particular de sociedades e enquanto este rejeitou o conceito darwinista de “competitividade”, Spencer o glorificou, assim como também o individualismo. Para Spencer, o desenvolvimento progressivo era atributo geral da existência, a lei universal da natureza, já para Comte, era uma característica peculiar. Existem mais divergências entre as teorias de Comte e Spencer, porém, o que é importante ressaltar aqui é a tendência que vigorava quando surgiram estes dois teóricos do social, a analogia entre sociedade e organismo, a importância dos conceitos biológicos na formação das teorias sociais. Influência que muitas vezes não veio somente da biologia, como afirma Greene (1959, pp. 419-440), mas também da fisiologia, das leis da física e da química.

4 DO DETERMINISMO À DEGENERAÇÃO

Paralelamente ao evolucionismo social, duas grandes escolas deterministas⁸ tornaram-se também influentes: o determinismo geográfico de Friedrich Ratzel (1844-1904) e Henry Thomas Buckle (1821-1862) – o desenvolvimento cultural de uma nação seria condicionado pelo meio, era suficiente a análise das condições físicas de cada país para uma avaliação objetiva de seu potencial de “civilização”; - e o determinismo racial, ou “teoria das raças”, que via de forma pessimista a miscigenação, já que acre-

⁸ Para Gould (1999, p. 4), o determinismo sustenta que as normas comportamentais compartilhadas, em como as diferenças sociais e econômicas existem entre os grupos humanos – principalmente de raça, classe e sexo – derivam de distinções herdadas e inatas, e que, nesse sentido, a sociedade é um reflexo fiel da biologia.

ditava, fora da chave Lamarckiana, que não existia a transferência de caracteres adquiridos, nem mesmo pelo processo de evolução social, a compreensão da mestiçagem era entendida como degeneração não só racial, mas também social (Schwarcz, 1993, p. 58).

Para Schwarcz (1993, p. 47), o termo raça foi introduzido na literatura mais especializada no início do século XIX por George Cuvier (1769-1832), que inaugura a idéia da existência de heranças físicas permanentes entre os vários grupos humanos. O discurso racial surgia, então, como variante do debate sobre cidadania, já que no interior desses novos modelos discorria-se mais sobre as determinações do grupo biológico do que sobre o arbítrio do indivíduo, o que para Francis Galton (1822-1911), o teórico da eugenia, era resultado dos atributos específicos da sua raça.

O clima foi o fator mais invocado como principal causa da distinção racial. Para alguns, embora geradas sob a influência do clima, as diferenças já estavam definidas e eram irreversíveis, para outros, havia a possibilidade de reversão se o grupo passasse a viver num meio ambiente adequado. E ainda, alguns degeneracionistas achavam que os resultados benéficos do clima não se manifestariam com rapidez suficiente para provocar algum tipo de repercussão na história humana (Gould, 1999, p. 26).

Para Georges-Louis Leclerc, Conde de Buffon (1707-1788), a possibilidade de cruzamento existiria apenas entre membros da mesma espécie, e nunca entre espécies diferentes (ver Buffon, 1845). No entanto, de acordo com Gould, o cirurgião inglês Charles White abandonou o critério de impossibilidade de cruzamento entre espécies proposto por Buffon, e citou alguns elementos híbridos bem sucedidos como as raposas, lobos e chacais. Ele refutou também a idéia de que o clima provocava diferenças raciais (Gould, 1999, p. 28).

Louis Agassis (1807-1873), naturalista suíço, discípulo de Cuvier, tinha verdadeiro temor a uma miscigenação racial através do casamento misto. Para ele, o cruzamento entre raças (espécies em separado) era antinatural e repugnante. E ainda, alegava que a espécie negra tinha sido criada para viver em condições de calor e umidade, ficaria a habitar as terras baixas do sul dos EUA, enquanto que os brancos manteriam o domínio sobre as costas e terras altas, sobre os mulatos, o seu tipo físico doentio e a fecundidade debilitada deveriam assegurar o seu desaparecimento (Gould, 1999, pp. 29-38).

A mistura de raças, na chave poligenista, apontava um fenômeno recente, o mulato personificava, então, a “degeneração”, que advinha do cruzamento de espécies diferentes, como afirmava Buffon, embora este não

remeta a mistura à degeneração e sim a uma impossibilidade de cruzamento. A miscigenação fortalecia a tese poligenista, as raças humanas, enquanto espécies diversas, deveriam evitar o cruzamento (Schwarcz, 1993, p. 57).

Esse saber sobre raças implicou um ideal político, o que Shwarcz (1993, p. 60) chamou de “prática avançada do darwinismo social”, a eugenia⁹, cuja meta era intervir na reprodução das populações humanas. O termo eugenia, cunhado pelo cientista britânico Francis Galton em 1883, significava melhora da raça. Mistura de movimento científico e social, ela supunha uma nova compreensão das leis da hereditariedade humana, cuja aplicação visava o nascimento de proles desejáveis; enquanto movimento social procurava promover casamentos entre grupos desejáveis e desencorajava certas uniões consideradas nocivas à sociedade, nisso incluiu-se casamentos inter-raciais, entre deficientes físicos, alcoólatras, sífilíticos e outros grupos indesejáveis. Para Galton, a capacidade humana era função da hereditariedade e não da educação.

Para o Conde de Gobineau (1816-1882), a “degeneração da raça” era resultado último da mistura de espécies humanas diferentes, o resultado da mistura seria sempre danoso, o mestiço seria uma “sub-raça decadente e degenerada”. No Brasil, onde as idéias de Gobineau tiveram muita influência, os modelos deterministas foram bastante populares, porém, segundo Schwarcz (1993, p. 65), se fazendo um uso inusitado da teoria original, na medida em que a interpretação darwinista social se combinou com a perspectiva evolucionista e monogenista. O modelo racial servia para explicar as diferenças e hierarquias, mas feitos certos arranjos teóricos para a possibilidade de se pensar sobre um país que já era mestiço.

A degeneração tomava aos poucos o lugar do conceito de evolução enquanto metáfora na explicação e desvio do progresso ocidental. Para alguns, o progresso que se restringiria a sociedades puras, sem mistura de raças, deixando a evolução de ser entendida como obrigatória. O desenvolvimento de uma nação estaria vinculado diretamente a sua composição racial, o tipo ariano representaria, para Gobineau, por exemplo, um apuro racial que certamente levaria à civilização (Schwarcz, 1993, pp. 61-63).

Gustave Le Bon (1841-1931) correlacionou raças a espécies animais, baseando-se em critérios anatômicos como cor de pele, forma e capacidade do crânio, e chegou a conclusão de que era possível estabelecer que o gê-

⁹ O livro de Nancy Stepan (2005) é a referência para se estudar eugenia no Brasil e na América Latina.

nero humano compreende muitas espécies separadas e de origem muito diferente, com Le Bon, raça vira espécie e o monogenismo cristão cai por terra. Hipólito Taine (1828-1893) também foi responsável pela transformação do conceito de raça no final do século XIX, além de ser entendida como noção biológica, raça passava a equivaler a idéia de nação: as nacionalidades, o clima e os temperamentos correspondem à raça (Schwarcz, 1993, pp. 61-63).

5 O DETERMINISMO CLIMÁTICO

A climatologia médica era a ciência que postulava ser o meio ambiente climático e telúrico um modificador complexo dos processos fisiológicos e, portanto, a origem de diversas patologias. Ela geralmente tem sido retratada como manifestação tardia da tradição hipocrática¹⁰ no pensamento médico do século XIX e como algo contraditório face à tradição anatomoclínica e o desenvolvimento das pesquisas fisiológicas. A geografia médica (1820/60) instituiu a relação entre clima e doença no momento em que a prática médica era hegemonizada pelo enfoque anatomoclínico (Edler, 1999, p. 14).

A noção de meio ambiente e suas relações com os seres vivos alcançou novo significado no final do século XVIII. A noção de clima no século XVII era astrológica, referia-se a mudanças dos aspectos celestes e sua influência sobre a terra. A partir de meados do século XVIII, através dos estudos da patologia médica, diferente da antropogeografia¹¹, foi introduzida uma nova concepção mecanicista de análise da relação entre os seres vivos e seu meio ambiente (Edler, 1999, pp. 17-19).

Paralelamente à evolução do conceito mecanicista de meio, o século XIX manteve viva a tradição hipocrática, através da antropogeografia –

¹⁰ Tradição hipocrática vem da concepção de doença de Hipócrates e a sua “teoria dos humores” para explicar racionalmente a doença no séc. IV a.C. Segundo a sua teoria, a vida era mantida por quatro humores: o sangue era quente e húmido, a fleuma era fria e húmida, a bÍlis quente e seca e a bÍlis negra fria e seca. O hipocratismo é o retorno á tradição hipocrática no século XIX, principalmente no Brasil, movimento conhecido como neo-hipocratismo, ou seja, a visão ambientalista da doença, ou a climatologia médica. Para aprofundar esse questão ver, Edler (2001).

¹¹ A antropogeografia, na linha de Ratzel, *Antropogeografia: fundamentos da aplicação da geografia à história* (1822), propunha que a chave para o entendimento da história humana residiria na sua subordinação às influências mesológicas.

Buckle, Ratzel –, que era a subordinação do entendimento da história humana à influência mesológica. Tais suposições inspiravam-se na tradição hipocrática e se mantiveram vivas no pensamento europeu, fazendo ressonância no ambiente cultural brasileiro na segunda metade do século XIX. Raça e clima (meio) explicariam a “tropicalização” de nossa sensibilidade e o aparecimento mesmo de um “estilo tropical” (Edler, 1999, p. 20).

Lamarck, a partir de 1800, adotou uma posição anti-vitalista, tomando a vida como fenômeno físico irreduzível. Para ele, a adaptação seria um efeito do esforço levado a cabo por um organismo, visando a sobrevivência num meio totalmente diferente (Canguilhem, 1985)¹². Assim, a noção de meio ambiente físico-químico, agindo mecanicamente sobre os processos fisiológicos iria penetrar gradativamente no campo médico¹³ (*ibid.*).

No século XVIII, foram feitas inúmeras iniciativas, em países europeus e algumas colônias, para a produção de séries diárias de observação meteorológicas e as correlacionando com a estatística de certas doenças, observando a partir das circunstâncias mais gerais até alcançar aquelas particulares ao doente¹⁴. A “patologização” dos espaços tropicais alcançou uma nova dimensão na “era dos Impérios” – médicos e militares das colônias ultramar¹⁵. A política colonialista europeia fez emergir o problema prático teórico de se compreender porque certas doenças estariam circunscritas a determinadas regiões do globo, enquanto outras tinham ali um impacto

¹² Para aprofundar a questão ver Edler, 1999, pp. 21-22.

¹³ Georges Canguilhem (1977) nos fala do retorno, no século XVIII, da medicina ao hipocratismo. Porém, a partir do final do século XVIII e início do XIX, é construída uma nova situação na medicina europeia que teria se dado a partir de três fenômenos: o nascimento da clínica (Foucault, 1994), o cepticismo terapêutico e o advento da fisiologia, que resultou na diferenciação e identificação de novas doenças. Na França, a construção desse novo modelo teria sido feita por François Joseph Victor Broussais (1772-1838), François Magendi (1783-1835) e Claude Bernard (1813-1878). Neste novo modelo, a doença não é um ente intra-orgânico, mas uma relação do organismo com o meio.

¹⁴ Bruno Latour (2000, pp. 356-385), no tópico “Ação a distância e ciclos de acumulação”, analisa o caráter cumulativo da ciência, aquilo que se acumula nos centros, aquilo que se traz de volta através de coleções e expedições. A pesquisa feita para transformar tudo o que se faz em algo que possa ser reunido, arquivado. Assim, a ordem entre tempo e espaço é refeita através dos ensaios e experimentações, isso gera anos de experiência. Conhecimento seria aquilo que se acumula no centro, e este passa a ser capaz de dominar terras distantes.

¹⁵ A biogeografia na Inglaterra e França foi uma das mais óbvias ciências imperiais nos anos de crescimento do imperialismo. Para Janet Browne (1992) parece claro que esta estrutura conceitual, metodológica e prática desenvolvida para “conhecer” animais, climas e plantas diversas, durante este período deu o tom para a expansão do ethos nacional.

diferenciado e um padrão de endemidade distinto. Em meados de 1860, começam a difundir, dentro da geografia médica, elementos que corroboravam a idéia de que tanto os miasmas como os parasitos seriam a chave explicativa capaz de esclarecer a existência de raras doenças restritas a algumas localidades (Edler, 1999, pp. 37-38, 43).

No final do século XIX, começaram as discussões sobre a influência maléfica do meio e a possibilidade ou não de aclimatação¹⁶ dos europeus no Brasil, debates motivados obviamente pelas políticas de imigração européia para o país. A imigração tinha dois propósitos: o primeiro, povoar as terras inabitadas no sul do país; o segundo, a substituição da mão-de-obra negra pela européia, após o fim do tráfico negro.

Em 1899, o médico recém-formado Miguel Pereira defende uma tese de doutorado onde rejeita a existência da “anemia tropical”¹⁷. Se não existia este tipo de anemia, o maior entrave ao aclimatação dos europeus estaria proscrito, “a última quimera da climatologia”. Afrânio Peixoto, que era inimigo número um do determinismo climático, dizia que a aclimatação, ou seja, a adaptação de um indivíduo a clima diverso do original era uma operação fácil e imediata (Edler, 1999, p. 74).

No final do século XIX, com o advento da microbiologia no Brasil¹⁸, as controvérsias sobre a influência do meio na transmissão de doenças se aprofundam. Onde ainda não havia consenso em atribuir um parasito à etiologia de uma doença, os adeptos das febres idiopáticas iriam privilegiar o clima como fator importante. E mesmo quando os germes estavam disponíveis, os fatores climáticos eram apresentados como causa predisponente, contribuindo assim para a própria existência do germe (Edler, 1999, p. 77).

Para Nancy Stepan (1976, *apud* Caponi, 2002a, p. 120) a rede de relações entre clima, as particularidades geográficas e físicas locais e as patologias próprias dos climas quentes desapareceram no final do século XIX.

¹⁶ Existe uma diferença entre aclimatação e adaptação: o primeiro é o processo natural de adaptação do indivíduo a clima diferente do habitual, decorrente da ação do meio ambiente sobre a economia humana; o segundo são os procedimentos higiênicos mobilizados para estabelecer um novo equilíbrio entre organismo humano e clima circundante. Sobre esta questão ver Edler (1999, p. 73).

¹⁷ Para aprofundar a questão da “anemia tropical” – a perda de glóbulos vermelhos que viria com a adaptação ao meio tropical poderia predispor o organismo à doença, ou era uma patologia em si sem o concurso de outra causa? – ver Edler (1999, p. 73)

¹⁸ Sobre a revolução pasteuriana no Brasil, ver Benchimol, 1999.

Dessa forma, as explicações climáticas deixariam de ter importância e seriam substituídas pelas modernas explicações fundadas nos estudos da microbiologia. No entanto, para Sandra Caponi (2002a, p. 121), é falso imaginar que somente a introdução dos estudos bacteriológicos no Brasil pudesse ter sido a causa da erradicação das enfermidades chamadas até então de “climas quentes”, como a febre amarela, para a qual o agente específico microbiológico se manteve como um mistério até 1930. A partir da emergência da microbiologia foi edificada uma nova higiene que privilegiava medidas eficazes e cientificamente fundamentadas. Desde então, o discurso higienista rodeia esse espaço ambíguo entre o moral e o técnico, onde o higienismo não se reduzia a intervenções pontuais relativas ao ar e a água, junto a elas se multiplicaram apreciações morais. Os primeiros higienistas se preocuparam não só com o contágio, mas também com outras questões sanitárias tais como as condições de vida precária, a prostituição, o alcoolismo, a alimentação, a escola (Caponi, 2002b, p. 177).

6 IMIGRAÇÃO E EUGENIA

Para muitos intelectuais, políticos e cientistas brasileiros da segunda metade do século XIX e início do XX, a finalidade maior da imigração européia era o “branqueamento da raça”. O branqueamento tinha como base argumentos racistas que supunham a superioridade dos brancos e a inferioridade das outras raças, em especial a negra, e buscava sua legitimidade científica nas teorias em voga na Europa e nos Estados Unidos (Seyferth, 1992, p. 18).

Os abolicionistas brasileiros previam um processo “evolucionista” com o elemento branco triunfando gradualmente e estavam até preparados para acelerar essa “evolução”, promovendo a imigração européia, a que eram favoráveis por dois motivos: primeiro, os europeus ajudariam a compensar a escassez de mão-de-obra resultante da eliminação do trabalho escravo; em segundo, a imigração ajudaria a acelerar o processo de “branqueamento” no Brasil (Skidmore, 1976, p. 40).

Joaquim Nabuco (1849-1910) defendia uma política de imigração européia que trouxesse para os trópicos uma corrente de sangue “caucásio, vivaz, energético e sadio”¹⁹. Outro abolicionista, José do Patrocínio (1854-

¹⁹ Para Nabuco, no entanto, o problema da população brasileira não vinha da mistura de raças dentro da chave biológica de inferioridade e degeneração da raça negra, e sim dos efeitos deletérios da própria escravidão, isso também não quer dizer que ele não pensasse

1905), que era mulato, acreditava que, diferente dos Estados Unidos, no Brasil a colonização portuguesa, em vez de haver procurado destruir as “raças selvagens”, as assimilou, preparando-se assim para resistir à invasão assoladora do preconceito racial” (Skidmore, 1976, p. 40).

Durante o período alto do pensamento racial brasileiro – 1880 a 1920 – a ideologia do “branqueamento” ganhou foros de legitimidade científica, à medida que as teorias racistas passaram a ser interpretadas como confirmação das idéias de que a raça superior (branca) acabaria por prevalecer no processo de amalgamação (Skidmore, 1976, p. 63).

Então, no projeto de construção de uma identidade nacional na época de transição entre império e república, a imigração foi muito discutida: primeiro pelo fato de não haver imigração espontânea para o país, percebeu-se que isso deveria ser política de estado e que não adiantavam tentativas isoladas e independentes; segundo, as discussões sobre a possibilidade de aclimatação e aclimatação do imigrante; e ainda, qual seria o “melhor” imigrante, o mais assimilável – havia também a preocupação com o enquistamento nas colônias do sul do país e os casamentos endogâmicos, já que um dos pressupostos da imigração era a possibilidade de “branqueamento” da população; havia também o pensamento de que os imigrantes europeus não resistiam à doenças tropicais, como a febre amarela, cuja grande epidemia de 1850 levou uma grande quantidade deles. A imigração aqui passa a ser entendida também como corolário de um projeto de civilização para a nação.

No final do século XIX, a principal metáfora da época, a degeneração²⁰, trazia a convicção de que muitas doenças eram hereditárias (Stepan, 2005, p. 32), entre elas a sífilis, o alcoolismos, a loucura. Era corriqueiro o pen-

dentro da chave racialista como a maioria dos intelectuais da época. Nabuco era contra o pensamento de que a raça branca não se aclimataria no Brasil e contra o determinismo climático, defendia a imigração e o “branqueamento da população através da miscigenação”. Disse ele: “Em primeiro lugar, o mau elemento da população não foi a raça negra, mas essa raça reduzida ao cativeiro; em segundo lugar, nada prova que a raça branca, sobretudo as meridionais, tão cruzadas com o sangue mouro e negro, não possam existir e desenvolver-se nos trópicos” (Nabuco, 2000, pp. 107-108).

²⁰ O antropólogo Armand Quatrefages (1810-1892) era um dos intelectuais que não pensavam que mistura de raças daria necessariamente em degeneração. Para ele, desde que, portanto, os descendentes dos africanos fossem cruzados sucessivamente com brancos, o país teria homens fortes, inteligentes e ativos. Além disso, um restinho de sangue negro, mais precisamente 1/8 dele, até teria as suas vantagens, pois a febre amarela e as afecções paludosas respeitavam a raça mista (Azevedo, 1987, p. 76).

samento de que estas doenças poderiam vir de cruzamentos de raça mal sucedidos, entre brancos e negros, ou entre brasileiros brancos e imigrantes “indesejáveis”²¹. Após as epidemias de febre amarela (1850) e de cólera (1885), a questão da salubridade pública fica na ordem do dia.

Entre 1873 e 1876 ocorreram novos surtos de febre amarela, só que dessa vez, os cortiços passaram a ser identificados como geradores dos germes da doença. Assim, os higienistas passaram a defender planos de transformação radical no espaço público para o bem da saúde da população (Chalhoub, 1996, pp. 87-88).

Sérgio Carrara (2004, p. 436) afirma que a partir dos anos de 1920, médicos e intelectuais passaram a enfatizar a influência de fatores ambientais (doenças, subnutrição, herança escravista, imoralidade do meio social) como responsáveis pela degeneração do povo brasileiro. O interessante é que todos esses fatores, ao contrário de raça e clima, poderiam ser alterados de forma rápida por meio de uma intervenção higienista. O problema do brasileiro deixa de ser a raça e passa a ser a doença²².

A reforma sanitária de 1920, com o saneamento dos sertões do Brasil concentrou esforços na rejeição do determinismo racial e climático e na reivindicação de remoção dos principais obstáculos à “redenção do povo brasileiro”: endemias rurais. Para Lima & Hochman (1996, pp. 23, 26), este movimento sanitarista teve um papel central e prolongado na reconstrução da identidade nacional a partir da identificação da doença como elemento distintivo da condição do brasileiro. A mobilização em torno da idéia de saneamento reuniu importantes setores das elites intelectuais e política que participaram da criação da Liga Pró-Saneamento em 1918.

²¹ Chineses, negros e hindus, por exemplo, foram desqualificados como raças inferiores e sequer foram cogitados como imigrantes potenciais. Também em relação ao trabalhador nacional, não foi cogitada a possibilidade de colonização das regiões com vazio demográfico (Seyferth, 2000, p. 3). A partir de 1920, aumentam as restrições à entrada de imigrantes com a Lei dos Indesejáveis. Essas restrições eram tanto policiais quanto de natureza médica. Para Ramos (1999, p. 208) a montagem do serviço sanitário se insere num contexto mais amplo de reforma da saúde pública nas décadas de 1910/20. O Departamento Nacional de Saúde Pública fazia inspeções nos imigrantes nos portos do Rio de Janeiro e de Santos, com procedimentos de higiene no desembarque. O aparato médico-sanitário realizava ações conjuntas como o Serviço de Povoamento, o qual até os anos 1920 esteve mais voltado para a atração dos imigrantes e a partir daí se volta mais para o seu controle e vigilância.

²² Sobre como a sífilis teve papel importante neste deslocamento da questão racial para a da doença ver Carrara (1996).

Dessa forma, nos primeiros decênios da República observa-se a disputa de duas correntes na elite brasileira: a racalista, vinculada à antropologia física e medicina-legal²³; e uma segunda de matriz ambientalista representada pela Liga Pró-Saneamento. O 1º Congresso Brasileiro de Eugenia (1929) atribuía ao saneamento, à higiene e à educação as melhores opções para a superação dos infortúnios vividos pela sociedade brasileira (Maio, 2004, pp. 38-39). Como afirma Stepan (2005), na América Latina, eugenizar representou sanear.

Nas atividades públicas no Brasil, dos anos de 1920, estruturais e científicas, a eugenia era congruente nas ciências sanitárias, e alguns simplesmente a interpretavam como um novo ramo da higiene, numa aliança entre a Sociedade Eugênica e Liga-Pró Saneamento²⁴. Os eugenistas brasileiros não faziam distinções entre natureza e cultura, assim, imaginavam várias ações sanitárias. No Brasil, a eugenia nos anos de 1920, no âmbito do discurso, era mais de reforma sanitária do que genética (Stepan, 2005, pp. 348-361).

Para Stepan, a imigração para a América Latina só pode ser entendida se levarmos em conta a eugenia, pois esta articulou novas imagens da saúde como questão de hereditariedade e raça (Stepan, 2005, p. 14). Imigração e eugenia eram os temas que circundavam os debates sobre a formação nacional brasileira entre 1920 e 1940. Apesar do posicionamento anti-racista de 1930, existia uma eugenia de conotação racial no âmbito das políticas migratórias, inclusive no Estado Novo com o discurso do imigrante ideal e as discussões sobre o regime de cotas de imigrantes, juntamente com a campanha de nacionalização em 1937 (Seyferth, 1997, p. 248).

A discussão sobre correntes migratórias – o imigrante desejável – tem a ver com a implementação de “qualidades raciais”. Para ser aceito, além de saúde e vigor físico, o imigrante deveria ter a cor da pele adequada. Dessa forma, o significado mais óbvio da eugenia no contexto da “tese do branqueamento” – que é a de melhora da raça – teve alguma influência nas políticas públicas voltadas para a imigração e colonização no Brasil (Seyferth, 1997, p. 252).

²³ Sobre essa corrente racalista da medicina legal e antropologia física ver: Corrêa (1982) e também Rebelo (2004).

²⁴ O livro de Monteiro Lobato, *O problema vital* foi publicado conjuntamente em 1918 pela Sociedade Eugênica de São Paulo e pela Liga Pró-Saneamento.

7 CONCLUSÃO

Os temas raça, clima e imigração convergiram no pensamento científico e social brasileiro no contexto da segunda metade do século XIX e início do XX. Fica entendido que as questões sobre raça, especificamente no Brasil, devem ser analisadas, como indica Gould, dentro do contexto cultural e a partir de “preconceitos à priori”, o fato de que as elites já possuíam um entendimento de hierarquias raciais, fruto das discussões européias entre os séculos XVIII e XIX, a contraposição entre o iluminismo e a concepção dos evolucionistas, com a emergência do conceito de raça como espécie.

A analogia entre sociedade e organismo – a influência da biologia na análise do comportamento da sociedade e a importância de conceitos da biologia na formação das teorias sociais – deu origem ao determinismo biológico, a sociedade passa a ser um reflexo fiel da biologia, com distinções herdadas e inatas. Fora da chave lamarckiana, não há transferência de caracteres adquiridos, assim, a miscigenação vira degeneração com o desvio patológico do tipo original. O clima passa a ser visto também como fator de degeneração racial e social.

Os determinismos, climático, racial e geográfico, poderiam ser um entrave para o Brasil atingir a “civilização”, porém, a elite brasileira, de acordo com Schwarcz, faz uso das idéias deterministas, mas as reelaboram, combinando monogenismo e evolucionismo para o entendimento de uma sociedade que já era miscigenada.

Com a emergência da microbiologia, o entendimento das doenças passa pelos vetores, mas não é abandonada a chave ambientalista por completo. As práticas higienistas passam a ser fundamentadas não só por medidas cientificamente orientadas, combate a vetores, mas também por medidas sanitárias, como condições de vida precária.

Uma das finalidades da imigração consistia na “teoria do branqueamento” da população brasileira. Através de um processo de caldeamento, devo dizer, dentro da chave lamarckiana, o elemento branco e seus “bons” caracteres triunfaria dentro da população, mas também os caracteres “bons” dos negros, como a resistência a certas doenças tropicais também eram bem vindos, numa nova concepção de miscigenação. Esta não levaria a uma degeneração da raça, mas a uma melhora. A imigração passa a ser entendida, então, como corolário de um projeto de civilização para o país.

A montagem do sistema sanitário no Brasil se insere num contexto mais amplo de formação de uma “nação civilizada”, com o Departamento

Nacional de Saúde Pública trabalhando conjuntamente com o Serviço de Povoamento do Solo Nacional na busca pelo imigrante ideal, que era definido através de critérios médicos, sociais e comportamentais.

Dentro da chave ambientalista, no pensamento médico, a partir da reforma sanitária de 1920, a questão da raça é deslocada para o da falta de saúde da população brasileira. Os médicos sanitaristas tinham a tendência de rejeitar os determinismos raciais e climáticos, salvo alguns grupos dentro da medicina legal e da antropologia física.

Eugenizar no Brasil vira então sanear. A eugenia à brasileira era congruente às ciências sanitárias, entendida por alguns como um ramo da higiene. A imigração, só pode ser entendida, então, se levamos em conta a eugenia e a influência de um certo pensamento racista nas políticas migratórias, que, como foi sugerido por Seyferth, partia de uma qualificação do imigrante ideal que deveria ser branco.

No estudo dos temas raça, clima e imigração no Brasil fica entendido a necessidade de se levar em conta as questões sociais no âmbito da pesquisa em História da Ciência, a proposta seria então de uma “construção social” da ciência. No entanto, dentro da proposta de Ian Hacking – “the ideas in their matrices”. Dessa forma, as idéias não existiriam num vácuo, e as suas matrizes seriam formadas no complexo institucional, nas experiências individuais, na produção e divulgação científica. As idéias para serem entendidas devem ser classificadas. Assim, “raça”, “clima” e “imigração” não são pontos de partida para se pesquisar algo, mas podem vir a ser a partir do momento em que são construídos e pensados mutuamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, Célia Maria Marinho de. *Onda negra, medo branco: o negro no imaginário da elite no século XIX*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- BENCHIMOL, Jaime L. *Dos micróbios aos mosquitos: febre amarela e a revolução pasteuriana no Brasil*. Rio de Janeiro: Fiocruz/UFRJ, 1999.
- BROWNE, Janet. A science of empire: British biogeography before Darwin. *Revue d'Histoire de Sciences* 4: 453-76, 1992.
- BUFFON, Georges Louis Leclerc (1749). *Histoire naturelle, générale et particulière, in Oeuvres*. vol. I. Paris: Hachette, 1845.
- CANGULHEM, Georges. *Idelogia e racionalidade nas ciências da vida*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- . *La connaissance de la vie*. Paris: Librairie de Philosophie J. Vrin, 1985.

- CAPONI, Sandra. Trópicos, microbios e vectores. *História, Ciência e Saúde – Manguinhos* **9** (suplemento): 111-138, 2002. (a).
- . Miasmas, micróbios y conventillos. *Asclepio – Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia* **54** (1): 155-182, 2002. (b)
- CARRARA, Sérgio Luiz. *Tributo a Vênus. A luta contra a sífilis no Brasil da passagem do século aos anos 40*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1996.
- . Estratégias anticoloniais: sífilis, raça e identidade nacional no Brasil do entre-guerras. Pp. 427-453, *in*: HOCHMAN, Gilberto; ARMUS, Diego (orgs.). *Cuidar, controlar, curar: ensaios históricos sobre saúde e doença na América Latina e Caribe*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2004.
- CHALHOUB, Sidney. *A cidade febril: cortiços e epidemias na corte imperial*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- CORRÊA, Mariza. *As ilusões da liberdade: a escola de Nina Rodrigues e a antropologia no Brasil*. São Paulo, 1982. Tese (Doutorado em Antropologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- DARMON, Pierre. *Médicos e assassinos na belle époque: a medicalização do crime*. Trad. de Regina Grisse de Agostino. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1991.
- EDLER, Flávio Coelho. *A constituição da medicina tropical no Brasil oitocentista: da dimatologia à parasitologia médica*. Rio de Janeiro, 1999. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Programa de Pós- Graduação em Saúde Coletiva, Instituto de Medicina Social, Universidade Estadual do Rio de Janeiro.
- . De olho no Brasil: a geografia médica e a viagem de Alphonse Rendu. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos* **8** (suplemento): 925-943, 2001.
- FOUCAULT, Michel. *O nascimento da clínica*. 4. ed. Trad. de Roberto Machado. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1994.
- GOULD, Stephen Jay. *A falsa medida do homem*. 2. ed. Trad. de Valter Lellis Siqueira. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- GREENE, John C. Biology and social theory in the nineteenth century: Auguste Comte and Herbert Spencer. Pp. 419-446, *in*: CLAGETT, Marshall (ed.). *Critical problems in the history of science*. Madison: University of Wisconsin Press, 1959.
- HACKING, Ian. *The social construction of what?* Cambridge, MA: Harvard University Press, 2001.
- HENRY, John. *A revolução científica e as origens da ciência moderna*. Trad. Maria Luiz Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 1998.

- HOBSBAWN, Eric. *Nations and nationalism since 1780*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. 3. ed. Trad. Beatriz Vianna Boeira & Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1991.
- LATOUR, Bruno. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afóra*. Trad. Patrícia Coelho. São Paulo: Unesp, 2000.
- LIMA, Nísia Trindade; HOCHMAN, Gilberto. Condenado pela raça, absolvido pela medicina: o Brasil descoberto pelo movimento sanitário da Primeira República. Pp. 23-40, *in*: MAIO, Marcos Chor; SANTOS, Ricardo Ventura (orgs.). *Raça, ciência e sociedade*. Rio de Janeiro: Fiocruz/CCBB, 1996.
- MAIO, Marcos Chor. Raça, doença e saúde pública no Brasil: um debate sobre o pensamento higienista do século XIX. Pp. 15-44, *in*: MONTEIRO, Simone; SANSONE, Livio (orgs.). *Etnicidade na América Latina: um debate sobre raça, saúde e direitos reprodutivos*. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2004.
- NABUCO, Joaquim. *O abolicionismo*. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2000.
- RAMOS, Jair de Souza. *O poder de domar o fraco: construção de autoridade e poder tutelar na política de povoamento do solo nacional*. Rio de Janeiro, 1999. Tese (Doutorado em Antropologia Social), Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- REBELO, Fernanda. *A Penitenciária de Florianópolis e a medicalização do crime (1935-1945)*. Florianópolis, 2004. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Universidade Federal de Santa Catarina.
- SCHWARCZ, Lília Moritz. *O espetáculo das raças: cientistas, instituições e questão racial no Brasil, 1870-1930*. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.
- SEYFERTH, Giralda. *Imigração e cultura no Brasil*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1992.
- . Construindo a Nação: hierarquias raciais e o papel do racismo na política de imigração e colonização. Pp. 41-58 *in*: MAIO, Marcos Chor; SANTOS, Ricardo Ventura (orgs.). *Raça, ciência e sociedade*. Rio de Janeiro: Fiocruz/CCBB, 1996.
- . Questões eugênicas no Brasil: Eugenia, racismo e o problema da imigração no Brasil. Pp. 248-252, *in*: ALVES, Isidoro; GARCIA, Helena Moraes (orgs.). *VI Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia. Anais*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 1997.

- . Imigração no Brasil: os preceitos da exclusão. 01/12/2000. *Revista Comciência* (16): 20-25, 2000. Revista eletrônica. Disponível em <<http://www.comciencia.br/reportagens/migracoes/migr03.htm>>
- STEPAN, Nancy. *A hora da eugenia: raça, gênero e nação na América Latina*. Trad. Paulo M. Garchet. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2005.
- SKIDMORE, Thomas E. *Preto no branco: raça e nacionalidade no pensamento brasileiro*. Trad. Raul de Sá Barbosa. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.

“Condições de existência”: constrições para uma plenitude das formas

Frederico Felipe de Almeida Faria*

1 INTRODUÇÃO

Ao perquirir a história das idéias, em seu livro *A grande cadeia do ser* (publicado em 1936), Arthur Lovejoy destacou o que ele veio a chamar de *princípio de plenitude*. Investigado desde os escritos de Platão, tal princípio baseia-se na idéia de que na passagem da ordem eterna à temporal, do ideal ao sensível, deve ser imaginada uma plenitude de formas na qual todas as possíveis tornam-se atuais. A idéia platônica de Deus coloca-o no topo de uma hierarquia das coisas conhecíveis, não somente por elas deterem esta qualidade, mas por derivarem-na de sua existência ao participarem em vários graus desta natureza. Desta maneira, o Ser Supremo provê a base lógica de um mundo de sensibilidade concebida na forma gradual, no que tange à sua aproximação da perfeição. Levando-se em consideração que a criatividade é essencial para a perfeição do Ser supremo, a existência de qualquer tipo de coisa, não pode ser invejada, qualquer que seja o seu grau de perfeição. Obviamente o que é completo não admite descontinuidade e assim o princípio de plenitude está associado a um outro, denominado *princípio da continuidade*. Além destes, um outro princípio, o *da gradação*, junta-se ao dois primeiros, para dar base a uma idéia que percorreu e influenciou várias escolas de pensamento ao longo da História, a cadeia de seres (*scala naturæ*). Esta veio a ser concebida como uma constituição orgânica do universo estabelecida sob uma série de elos ou gradações ordenadas numa hierarquia de criaturas indo do mais simples ao mais complexo, aspi-

* Universidade Federal de Santa Catarina. Estudante de Doutorado no Curso de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas. Rua Protenor Vidal, 405, CEP 88040-320, Florianópolis, SC. E-mail: felipeafaria@uol.com.br

rando alcançar o *ens perfectissimum*, como sendo sua culminação ou o fim ao qual aspira toda a criação.

Esta idéia de uma escala de seres esteve presente em diversos trabalhos de filósofos naturais e naturalistas ao longo do tempo. Giordano Bruno (1548-1600), por exemplo, afirmava que seria “realmente por causa da necessidade de realização da completa escala do ser que deveria haver uma infinidade de mundos que proporcionassem espaço para um tão completo desenvolvimento dos possíveis” (Bruno, *apud* Lovejoy, 1964, pp. 118-119). Charles Bonnet (1720-1793) posteriormente acrescentaria que para além dos mais elevados corpos planetários surgem as hierarquias celestes (Lovejoy, 1964, p. 357). E esta idéia de uma escala contínua em Bonnet repercutiu em sua aceitação dos zoófitos, quando da descoberta dos pólipos de água doce (*Hydra*) feita em 1735, por Abraham Trembley (1710-1784). Estes constituiriam a transição entre animais e plantas, a qual foi investigada com zelo especial nos pontos mais baixo e mais alto da escala. Bonnet, preliminarmente, afirmava que “A natureza parece dar um grande salto ao passar do vegetal ao fóssil¹; não há laços nem elos conhecidos por nós que unam os reinos vegetal e mineral” (Bonnet, *apud* Lovejoy, 1964, p. 233). Porém ele, posteriormente, ponderou:

Mas julgaremos a cadeia dos seres por nosso conhecimento presente? Porque descobrimos nela, aqui e ali algumas interrupções algumas lacunas, concluiremos que essas lacunas são reais? A lacuna que encontramos entre o vegetal e o mineral será aparentemente preenchida algum dia? Havia uma lacuna semelhante entre o animal e o vegetal; o pólipo veio para preenchê-la e para demonstrar a admirável gradação que há entre todos os seres. (Bonnet, *apud* Lovejoy, 1964, p. 233)

Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) negava a existência dos zoófitos, pois defendia não haver animais-planta, nem planta-animais. Para este naturalista, defensor de idéias transformistas, todos os corpos vivos conhecidos poderiam ser divididos em dois reinos particulares fundamentados em diferenças essenciais que distinguem os animais dos vegetais; e não haveria uma verdadeira nuance, em nenhum ponto entre esses dois reinos (Martins, 1997, p. 40). Porém Lamarck propunha a ocorrência de uma escala ou cadeia de animais e esta diferia das anteriores por encerrar a idéia

¹ O conceito de *fóssil* na época de Bonnet contemplava vários tipos de rocha e formações minerais e ainda vários objetos escavados da terra.

de uma progressão dos animais, da suposta ordem seguida pela natureza, que para Lamarck tratava-se da evolução.

2 A PLENITUDE CUVIERIANA

A idéia da existência de uma escala de seres foi combatida veementemente por alguns naturalistas, dos quais, Georges Cuvier (1769-1832) merece destaque. Este titular da cadeira de Anatomia Comparada do Museu de História Natural de Paris acreditava que, respeitado alguns limites biológicos, “tudo o que pode existir, efetivamente existe” (Cuvier, *apud Caponi*, 2003, p. 38). E estes limites são os responsáveis pela falta de continuidade de uma pretensa escala de seres ou ainda pelas lacunas que se observa no registro fóssil. Assim, apesar de rechaçar idéia de *scala naturae*, Cuvier aceita o princípio de plenitude como o pressuposto, a confiança ou o temor secreto de que “tudo aquilo que pode existir, e cuja existência não contradiz a existência de alguma outra coisa, de fato existe” (*ibid.*).

Em suas obras, *Lições de anatomia comparada*, de 1805, e *O reino animal*, de 1817, ambas defensoras do estabelecimento de um sistema de distribuição dos seres vivos segundo sua organização funcional, Cuvier nega a idéia de uma escala de seres formando uma série única. E sobre a defesa que grande parte de seus contemporâneos fazia desta idéia, Cuvier nos escreveu:

É sobre estas considerações que repousam as idéias que certos naturalistas formam sobre uma escala de seres que os reúne em uma única série, iniciando-se com o mais perfeito e finalizando com o mais simples, o qual será dotado das propriedades as menos numerosas e as mais comuns, e de tal forma que o espírito passará de um ao outro quase sem distinguir um intervalo e como que por nuances insensíveis [...] e estas nuances suaves e insensíveis são tão observáveis que permanecem sobre as mesmas combinações dos órgãos principais, enquanto as funções principais permanecem as mesmas (Cuvier, 1805, p. 60).

Entretanto, para aquele naturalista francês do século XIX, não seria esta a situação ocorrente na natureza, pois ele negava a *scala naturae* defendendo que:

Todos os animais que apresentam tal situação parecem formados sob um plano comum, que serve de base a todas as pequenas modificações exteriores: mas do momento onde se passa a estes que apresentam outras combinações principais, não há nenhuma semelhança, e não se pode desconhecer o intervalo ou o salto mais destacado. Qualquer arranjo que se dê aos animais, vertebrados ou invertebrados, não se consegue alocar ao fim de uma

destas grandes classes, nem ao final de outra, dois animais que se assemelhem, para servir de elo entre elas. (Cuvier, 1805, p. 60)

E Cuvier avança nesta negação quando a certa altura de sua obra de 1817, *Le règne animal – distribuité d'après son organisation*, ele defende sua idéias argumentando que:

Para prevenir uma crítica que se apresentará naturalmente proveniente de muitas pessoas, eu devo observar atentamente de agora em diante, que eu não tenho nem a pretensão, nem o desejo de classificar os seres de maneira a formar uma só linha. Eu vejo toda tentativa desse tipo como inexecúvel. (Cuvier, 1817, p. xx)

Para Cuvier, cada parte do corpo de um ser vivo estaria funcionalmente relacionada às outras partes e desta cooperação funcional orgânica surgiria a harmonia e o vigor do organismo, baseados numa coordenação fisiológica e não em uma mera justaposição geométrica anatômica. Desta forma, toda combinação abstrata de órgãos, facilmente concebida pela imaginação, não deveria ocorrer necessariamente, pois as partes, ao desempenharem ações umas sobre as outras, concorrem a um objetivo em comum, o qual é determinado fisiologicamente. Desta forma, aquelas modificações que não podem ocorrer em conjunto são excluídas reciprocamente, enquanto as outras são trazidas à existência. Esta explanação fisiológica da ausência de uma plenitude das formas orgânicas foi empregada por Cuvier como argumento da existência de lacunas na notória série zoológica (*scala naturae*), inclusive considerando os seres *desaparecidos* (extintos) os quais estariam representados somente na forma fóssil (Coleman, 1964, p. 68).

Apesar de sua contraposição à idéia da *scala naturae*, Cuvier acreditava em uma relativa plenitude das formas, desde que alguns pressupostos fossem considerados. Estes pressupostos, que serviriam como restrições para a manifestação de qualquer forma imaginável, teriam como base a própria fisiologia do animal. Mediante esta constatação, e levando em consideração a impossibilidade da aplicação do recurso matemático para a ciência da anatomia comparada, ele avançou na compreensão da propriedade constitutiva pressuposta, aplicando um dos princípios racionais conhecidos vulgarmente, na época, como das *causas finais* e que veio a ser denominado por ele de *condições de existência*:

Como nada pode existir sem que reúna as condições que tornem sua existência possível, as diferentes partes de cada ser devem estar coordenadas de maneira a tornar possível a totalidade do ser, não somente consigo mesmo,

mas nas relações que mantém com o entorno², e a análise destas condições conduz freqüentemente às leis gerais como as derivadas do cálculo ou da experiência. (Cuvier, 1817, p. 7)

Partindo deste pressuposto, Cuvier pode formular os princípios que norteariam a compreensão das relações de coexistência entre as partes de um organismo. O primeiro deles, o da correlação das partes, foi exposto no livro *Lições de anatomia comparada* e surge justamente quando este naturalista discorre sobre a impossibilidade da realização de uma plenitude das formas:

Essas combinações, que parecem possíveis quando consideradas de uma maneira abstrata, não existem na natureza porque, no estado de vida, os órgãos não são simplesmente relacionados, mas agem uns sobre os outros e concorrem a um objetivo em comum. Segundo este fato, as modificações de um deles exercem uma influência sobre todas as outras. Aquelas modificações que não podem existir conjuntamente, excluem-se reciprocamente, enquanto que as outras se incluem, por assim dizer, não somente em uma relação imediata, mas ainda naquelas que parecem a primeira vista as mais distantes e mais independentes. (Cuvier, 1805, p. 47)

Posteriormente Cuvier aprofunda esta idéia defendendo que:

Ao permanecer sempre dentro dos limites que as condições necessárias da existência prescrevem, a natureza é entregue a toda sua fecundidade desde que estas condições não a limitem; e sem afastar-se jamais do pequeno número de combinações possíveis entre as modificações essenciais dos órgãos importantes, ela parece divertir-se infinitamente com todas as partes acessórias. (Cuvier, 1805, p. 59)

É justamente esta graduação da importância das partes, que é estabelecida no segundo princípio da anatomia comparada cuvieriana, o da subordinação dos caracteres:

Há traços de conformação que excluem outros; há os que, ao contrário, se incluem; por isso, quando conhecemos tal traço em um ser, podemos calcular aqueles outros que coexistem com ele, ou aqueles que são incompatíveis. As partes, as propriedades, ou os traços de conformação que possuem um maior número de tais relações de incompatibilidade ou de coexistência com os outros, ou ainda em outros termos, que exercem sobre o conjunto do ser, a influência mais marcante, são aqueles que chamamos caracteres

² Aqui compreendido como o ambiente abiótico.

dominadores, os outros são denominados caracteres subordinados, ocorrendo em diferentes graus. (Cuvier, 1817, p. 11)

Assim sendo, como pode ser concluído, os princípios da anatomia comparada cuvierianos, além de estabelecerem limites para uma plenitude das formas, que no caso são fisiológicos, também a hierarquização de acordo com sua importância na composição das partes segundo sua função. Outro limite que se imporia, decorreu da constatação que o próprio Cuvier faria sobre a ocorrência do fenômeno da extinção e que tão logo recebeu aceitação científica, produziu algumas consequências. Segundo alguns naturalistas e pensadores dos séculos XVIII e XIX, tal limite estaria relacionado à questão temporal, pois a realização de todas as formas possíveis não teria ocorrido ao mesmo tempo, uma vez que apenas para o universo em sua total extensão temporal é que o princípio de plenitude seria válido (Lovejoy, 1964, p. 244). As realizações possíveis estariam distribuídas ao longo do tempo e desta forma algumas delas – as extintas – já haveriam desaparecido enquanto outras estariam aguardando sua oportunidade de ocorrência.

Cuvier, entretanto, acreditava que a situação houvera sido diferente, com um mundo, no passado, ocupado por todas as formas possíveis, respeitadas suas restrições, e havendo com o decorrer do tempo um decréscimo nessa diversidade de organização.

Desta maneira, com a pressuposição de que as formas, em algum momento, atingiram uma plenitude em diversidade, apenas limitada pelas restrições impostas pelos princípios da anatomia comparada, o que passa a requerer uma explicação é a forma de ocorrência destes fatores limitantes. Explicar como se processam tais restrições torna-se, dentro do programa científico de Cuvier, um dos importantes objetivos cognitivos, uma vez que surgem como desvios do que Stephen Toulmin denominou de *ideal de ordem natural*.

3 O DESVIO DO IDEAL DE ORDEM NATURAL

Formulado na obra de Toulmin, *Foresight and understanding* publicada em 1961, este ideal procura definir o estado ou o devir das coisas que se considera óbvio, necessário, natural e, portanto, compreensível por si só, e deste modo o que rompe ou se desvia desta ordem é o que deve ser explicado (Toulmin, 1961, p. 45). O estado que o ideal de ordem natural toulminiano estabelece funciona como um pressuposto, em certo âmbito disciplinar, ao definir “o que ocorre quando nada ocorre”, estabelecendo

assim o horizonte de permanência sobre o qual emergem os fatos a serem explicados, que são o desvio deste horizonte (Caponi, 2004, p. 13)³.

Embora, séculos tenham se passado, durante os quais, no âmbito das ciências biológicas, teorias científicas foram aceitas e refutadas, cada uma das quais com seus próprios pressupostos, o advento da biologia evolutiva do desenvolvimento (evo-devo) vem, de certa maneira, estabelecendo, aos moldes cuvierianos, a plenitude das formas como um dos seus ideais de ordem natural. E também para ela, é exatamente o desvio deste ideal, ou seja, a ausência do pleno, que deve ser explicada, pois o surgimento de inovações evolutivas, no caso as novidades morfológicas, obedece a limites que a evo-devo procura esclarecer. Existem outros pontos coincidentes entre os programas científicos cuvieriano e da Biologia Evolutiva do Desenvolvimento, que também estão relacionados ao arranjo funcional que as partes mantém entre si. Mas neste caso algumas ressalvas devem ser feitas, pois no caso da evo-devo este arranjo funcional está relacionado aos estádios desenvolvimentais de um organismo e não apenas à sua fisiologia de adulto, como Cuvier vislumbrava.

Os princípios cuvierianos da Anatomia Comparada determinam que se despenda uma vigorosa atenção a fatores internos, tais como as interações ocorridas entre as partes do corpo de um organismo, e as decorrentes conseqüências quando da alteração das mesmas. A teoria evolutiva neo-sintética vem, por sua vez, dar maior atenção às interações ocorridas entre organismos e seu entorno – ou ambiente, entendido aqui como ambiente físico e biótico – atentando pouco às muitas e variadas interações entre as partes internas de um organismo (Arthur, 2004, p. 36). A abordagem externalista da teoria sintética neo-darwiniana é claramente voltada a adaptação ao ambiente, a qual é freqüentemente referida como adaptação ecológica. Por outro lado, a abordagem internalista volta-se à adaptação de uma parte do corpo do organismo à outra e assim, mediante a compreensão da interação entre estas partes durante o processo desenvolvimental, a biologia evolutiva do desenvolvimento procura explicar, sem descartar o papel

³ Toulmin utiliza para exemplificar paradigmaticamente este ideal, o princípio newtoniano da inércia, o qual reza que a permanência de um corpo nos estados de repouso ou de movimento retilíneo uniforme é o esperável, o normal, o natural. O que deve ser explicado, portanto, é a saída do referido corpo de qualquer um destes estados. Desta forma, a física newtoniana procura uma maneira de explicar e calcular os desvios da inércia, decorrente da ação de forças e princípios adicionais como, por exemplo, a lei de gravitação universal (Toulmin, 1961, p. 56).

da dinâmica genética e principalmente o da Seleção Natural, como se dá a construção da forma orgânica e o próprio fenômeno da evolução (Askonobieta, 2005, p. 128). Tais interações ocorrem obedecendo a uma seqüência de eventos na qual, por sua vez, cada ocorrência implica em uma via a ser seguida e, portanto, deste ordenamento decorre uma relativa subordinação ao evento anterior.

De maneira similar ao caso da hierarquia imposta pelo princípio cuvieriano da subordinação dos caracteres, há uma graduação em importância entre os estádios do desenvolvimento, devida aos efeitos que os mesmos determinam nas etapas posteriores do processo desenvolvimental. A alteração em um evento preliminar deve determinar a mudança em uma etapa ou em toda uma via do desenvolvimento, ao passo que uma alteração em estádios mais avançados refletiriam em alterações menos drásticas para aquele processo, pois um número menor de vias se oferece a partir daquela etapa (Arthur, 2004, p. 133). Como exemplo, Wallace Arthur, um dos fomentadores da evo-devo, ao defender suas propostas, cita a diferença nas conseqüências que a alteração em um estágio do desenvolvimento do eixo antero-posterior de um embrião, ocorrente nas primeiras fases deste processo, pode determinar na viabilidade de um organismo. Ele elucida esta situação com a descrição de uma mudança ocorrida em uma etapa posterior do desenvolvimento, tal como a alteração na formação dos dígitos de um vertebrado, que não inviabiliza a fisiologia daquele organismo, mesmo tendo aquela mudança provocado uma característica negativa em termos adaptativos.

Um exemplo ocorrente desta circunstância foi pesquisado por Pere Alberch e resultou no trabalho publicado em 1985, sobre o processo de formação do quinto dígito do membro posterior de cães de raças de grande porte, como o São Bernardo. Alberch concluiu que variações dimensionais da morfologia do embrião devem implicar na ocorrência ou ausência deste dígito extra. Assim ele concluiu que tais variações funcionariam como restrições desenvolvimentais (*developmental constraints*) (Alberch, 1985, pp. 430-431). Segundo Wallace Arthur, a ocorrência destes caracteres superficiais, como também o melanismo, relaciona-se à expressão de um número diminuto de genes ao passo que na expressão de outros caracteres, tais como a conformação de uma estrutura orgânica, a qual pode determinar a própria viabilidade de um dado organismo, um número muito maior de genes estaria envolvido, implicando desta forma em uma conotação hierárquica entre a ocorrência dos estádios de desenvolvimento determinada por

uma alteração na complexidade do aparelhamento genético envolvido (Arthur, 2004, p. 143).

4 CONDIÇÕES DE EXISTÊNCIA COMO *CONSTRAINTS*

Apesar da abordagem evolutiva que as idéias sobre interações orgânicas têm recebido através da discussão provocada pelos defensores da evo-devo, elas também fazem parte do programa de Cuvier; e os princípios que ele formulou, os quais permanecem como fundamento da anatomia comparada até a atualidade, estão de certa forma analogamente relacionados à base argumentativa dos seus defensores. Assim como o desvio do ideal de ordem natural cuvieriano, a Biologia Evolutiva do Desenvolvimento também tem como um de seus objetivos cognitivos a elucidação da ausência de uma plenitude das formas no mundo orgânico.

Porém, ao compreender as condições de existência como a constrição (*constraint*) da plenitude das formas orgânicas, Cuvier tinha em mente apenas o caráter limitante desta, ao passo que a evo-devo acrescenta a este conceito o sentido direcionador (*drive*) que pode conduzir o processo evolutivo. Também neste caso, as similaridades entre idéias de naturalistas do século XIX e a evo-devo, devem ser analisadas, levando-se em consideração a abordagem evolutiva que as mesmas receberam com a aceitação do evolucionismo. Em seu artigo intitulado “Phylogenic reconstruction then and now”, de 2002, Ron Amundson apresenta evidências, provenientes da Genética Molecular, que de certa maneira, dão suporte à hipótese da inversão da relação entre a posição do esqueleto e as vísceras, elaborada pelo embriologista comparativo, Etienne Geoffroy de Saint-Hilaire. Este colega de Cuvier no Museu de História Natural de Paris utilizou tal conjectura para explicar como ambos os grupos estariam submetidos à um plano comum de composição zoológica. As atuais evidências moleculares desta hipótese estão fundamentadas na existência de uma homologia entre os genes envolvidos na formação do eixo dorso-ventral dos cordados e dos artrópodes, porém com uma polaridade revertida. Estes genes, de acordo com sua homologia, determinam o pólo dorsal em um cordado, assim como, o pólo ventral em um artrópode, determinando, desta maneira, se o animal terá um esqueleto externo ou interno (Amundson, 2002, p. 690).

Além desta, outras analogias podem ser feitas entre as idéias de Geoffroy de Saint-Hilaire e a Biologia Evolutiva do Desenvolvimento, e como no caso de Cuvier, devem estar condicionadas à existência de constrições para uma plenitude das formas imaginadas.

Os princípios da morfologia comparada de Geoffroy também estabeleceram limites para a ocorrência de qualquer tipo de morfologia. Tais princípios determinam que a natureza faça reaparecer os mesmos elementos, em igual número, nas mesmas circunstâncias e com as mesmas conexões (*princípio das conexões*) e ainda que as partes adjacentes não alcancem seu desenvolvimento habitual, se um órgão empreende um crescimento extraordinário (*princípio do balanceamento dos órgãos*). A aplicação destes princípios se deu na análise dos estágios de desenvolvimento de alguns grupos taxonômicos e serviu para orientar as comparações entre eles, com as quais Geoffroy defendia sua hipótese de uma unidade de plano zoológica (Caponi, 2006, p. 40). Aliás, segundo o trabalho desenvolvido por Casper Breuker, Vincent Debat e Christian Klingenberg, publicado em 2006 sob o título de “Functional evo-devo” e que discute a modularidade das vias desenvolvimentais, tal idéia alavancou, dentro do campo da evo-devo, a elaboração do conceito de zoótipo. De acordo com o referido trabalho, este vem a ser um hipotético plano básico para todos os animais que apresentam simetria bilateral e age como restrição (nos sentidos de *drive* e *constraint*) durante o desenvolvimento do organismo (Breuker *et al.*, 2006, p. 488).

Assim, da mesma maneira que na anatomia comparada de Cuvier, a embriologia comparada de Geoffroy de Saint-Hilaire também estabeleceu algumas restrições para uma plenitude das formas. Porém, neste segundo caso, o que provavelmente emerge como um destaque é a abordagem embriológica que ele empreendeu. Desvencilhado das teorias evolucionistas que surgiram posteriormente, Geoffroy é considerado, por parte de defensores da evo-devo, como Wallace Arthur e Ron Amundson, como um dos precursores destas idéias, mediante o ressurgimento que a sua embriologia comparada experimentou com a crescente aceitação da evo-devo (Arthur, 2004, pp. 16 e 73).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi levantar quais pontos coincidentes revelam entre si os programas científicos tão distintos como os de Georges Cuvier e os da Biologia Evolutiva do Desenvolvimento. O ponto convergente fundamental que se evidencia, como o título deste trabalho destacou, é a presença em ambos os programas de condições constritivas que impedem a ocorrência de uma plenitude das formas biológicas.

Tais restrições, para Cuvier, advinham do princípio que ele formulou, denominado de condições de existência. Para a evo-devo a explicação da ocorrência destes *constraints* é um ponto importante de seu objetivo cognitivo. Ambos os programas apresentam como o desvio de ordem natural toulminiano, a ausência de uma plenitude das formas dos seres vivos e segundo Stephen Toulmin é exatamente este desvio o que requer e merece uma explicação (Toulmin, 1961, p. 45), a qual é perquirida pelos programas científicos em questão.

Praticamente esta análise dos pontos coincidentes entre as idéias da evo-devo e da Anatomia Comparada se limitou ao caráter restritivo das restrições, o que deve ser esperado, pois a anatomia e a embriologia comparadas, ao reservarem entre si pressupostos teóricos, também compartilham restrições para a ocorrência de uma plenitude das formas. O caráter direcional que estas restrições, ou neste caso, como melhor poderiam ser denominadas de *coações*, possam ter, está pouco relacionado aos princípios que Geoffroy e Cuvier pensaram para suas disciplinas científicas. Entretanto os fatores limitantes que ambos defenderam se fazem presente na composição dos objetivos cognitivos de avanços teóricos até nossos dias, como no caso da evo-devo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERCH, Pere. Developmental constraints: why St. Bernards often have an extra digit and poodles never do. *The American Naturalist* **126** (3): 430-433, 1985.
- AMUNDSON, Ron. Phylogenetic reconstruction then and now. *Biology and Philosophy* **17**: 679-694, 2002.
- ARTHUR, Wallace. *Biased embryos and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- AZKONOBIAETA, Tomas Garcia. *Evolución, desarrollo y (auto) organización. Un estudio sobre los principios filosóficos de la evo-devo*. San Sebastián, 2005. Tese (Doutorado em Filosofia) – Universidad del Pais Basco. Disponível em: <http://www.ehu.es/ias-research/garcia/index_es.html/>. Acesso em: 25 março de 2007.
- BREUKER, Casper; DEBAT, Vincent; KLINGENBERG, Christian Mether. Functional evo-devo. *Trends in Ecology and Evolution* **21** (9): 487-492, 2006.
- CAPONI, Gustavo Andres. La navaja de Darwin. *Ludus Vitalis* **12** (12): 9-38, 2004.

- . El concepto de organización en la polémica de los análogos. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência* **4** (1): 34-54, 2006.
- . Os modos da teleología em Cuvier, Darwin e Claude Bernard. *Scientiae Studia* **1** (1): 27-41, 2003.
- COLEMAN, William. *Georges Cuvier: zoologist*. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- CUVIER, Georges. *Leçons de anatomie comparée*. Paris: Baudouin, 1805.
- . *Le règne animal*. Paris: Deterville, 1817.
- LOVEJOY, Arthur Oncken. *The great chain of being* [1936]. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- MARTINS, Lilian Al-Chuyer Pereira. A cadeia dos seres vivos: a metodologia e a epistemologia de Lamarck. Pp. 40-46, *in*: ALVES, Isidoro Maria & GARCIA, Elena Moraes (ed.). *VI seminários de história da ciência e da tecnologia, anais*. Rio de Janeiro: SBHC, 1997.
- TOULMIN, Stephen. *Foresight and understanding*. Indianapolis: Indiana University Press, 1961.

La Teoría Sintética y la población como (única) unidad evolutiva

Guillermo Folguera*
Paula Lipko**

1 INTRODUCCIÓN

Desde que Charles Darwin (1809-1882) publicó *El origen de las especies*, la teoría de la evolución ha atravesado diferentes etapas. En los años siguientes a su aparición, las teorías darwinianas fueron primero leídas, para luego ser evitadas por la comunidad científica a causa de algunas dificultades. Entre éstas – desde un análisis internalista – se pueden enumerar las siguientes: la antigüedad de la tierra (según los cálculos de ese entonces no era suficiente como para que la selección natural produjera los efectos pretendidos), la falta de explicación del origen de las variaciones necesarias para que la selección natural opere, y la presencia de diversos mecanismos alternativos que existían en ese entonces para explicar el cambio en el tiempo, tales como las ortogénesis (evolución dirigida en un sólo sentido por fuerzas que se originan dentro del organismo) o la herencia de caracteres adquiridos postulada por Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet de Lamarck (1744-1829) (Bowler, 1995). Luego de las investigaciones de Gregor Mendel (1822-1884) y posteriormente, de la sistematización que se propugnó con la *integración* entre la genética de poblaciones, la sistemática y la paleontología, algunas de las teorías propuestas por Darwin fueron in-

* Grupo de Investigación de Historia y Filosofía de la Ciencia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Laboratorio de Evolución. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. E-mail: guillefolguera@yahoo.com.

** Grupo de Investigación de Historia y Filosofía de la Ciencia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Laboratorio de Evolución. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. E-mail: lipkopaula@yahoo.com.

corporadas en el seno del pensamiento biológico. Fue la denominada Teoría Sintética de la Evolución (TSE) la que le dio finalmente el protagonismo a estas ideas (ver como ejemplos Depew & Werber, 1996; Mayr, 1982; Gould, 2004).

Algunos autores han entendido que la Teoría Sintética de la Evolución posee un conjunto de cinco hipótesis centrales:

- 1) se elimina cualquier teoría alternativa contradictoria con las hipótesis darwinianas seleccionadas,
- 2) la mutación, la deriva génica, la migración y la selección natural son reconocidas como los únicos procesos microevolutivos,
- 3) los cambios de la vida graduales se privilegian, rechazando así la teoría de los equilibrios puntuados,
- 4) el azar participa del proceso evolutivo sólo como fuente de variabilidad primaria y a través de la deriva genética, y
- 5) la selección natural es la fuerza evolutiva predominante al explicar la historia de los organismos vivos (Futuyma, 1998).

Estas cinco tesis fueron propuestas con el fin de explicar la historia y dinámica de las poblaciones en el tiempo.

Sea a través de una mención explícita o de una omisión sistemática, no se pudo o no se quiso percibir a la vida en el tiempo a través de más de un nivel determinado. Esta unicidad implicó, entre otras consecuencias, que el marco teórico microevolutivo desde la Teoría Sintética de la Evolución se utilizara para dar cuenta de los fenómenos macroevolutivos. Esta *extrapolación*, evidentemente frenó la posibilidad de pensar en múltiples unidades evolutivas sincrónicas en el transcurso del tiempo. Bastó que se piense al tiempo, para que las posibles múltiples unidades evolutivas queden reducidas a una unidad predominante correspondiente a un nivel jerárquico determinado. En las décadas del 70' y el 80', sin embargo, importantes críticas fueron impulsadas por diferentes investigadores, entre los que evidentemente Stephen Jay Gould fue uno de los de mayor renombre. Sin embargo, estos intentos no parecen haber sido incorporados, al menos en lo que respecta a la unicidad de la unidad evolutiva¹.

¹ Propuestas como la recuperación de la ontogenia así como algunas de las críticas al programa adaptacionista y en cuanto al “rescate” de los análisis de alometrías (y no sólo del estudio de las variables aisladas) parecen haber sido algunos de los elementos teóricos incorporados al seno de la Teoría Sintética de la Evolución, al menos en una consideración estrictamente actual.

Por ello, aquí se analizará a una de las teorías centrales de estos escenarios teóricos: la población como la unidad evolutiva. Se indagarán sus fundamentos a partir de un análisis y caracterización de los diferentes *agentes* que pueden actuar en los procesos evolutivos tanto desde la TSE así como por parte de sus detractores centrandó algunos de sus elementos en la figura de S. J. Gould. El presente trabajo analizará las siguientes hipótesis:

- Las propuestas de las décadas del 70' y el 80' acerca de una teoría de la evolución jerárquica no alteraron significativamente la caracterización de las unidades evolutivas respecto a la dada por los partidarios de la Teoría Sintética de la Evolución; y,
- Dicha continuidad conceptual tuvo como consecuencia un bajo impacto sobre el marco teórico de la Síntesis respecto a una visión jerárquica de la evolución.

2 LA ESTRUCTURA DE LA VIDA EN DIACRONÍA EN EL SIGLO XX

En las propuestas evolutivas que se han dado durante el siglo XX, tres elementos centrales son caracterizados, con vistas a una comprensión de los fenómenos de la vida en el tiempo. Realicemos una aproximación a ellos. El primero, tal como hemos adelantado, significó uno de los grandes quiebres del darwinismo: la unidad evolutiva, el *agente* que “acumula” cambios (heredables) en el tiempo. El segundo se trata de las causas eficientes, siendo esto en el marco postdarwiniano, de los denominados mecanismos evolutivos, caracterizados de diferentes modos durante el siglo XX y con fuertes tensiones durante la dinámica de la propia Teoría Sintética de la Evolución. El tercero y último, ha sido uno de los preferidos en los abordajes epistemológicos y biológicos a partir de 1930: la unidad de selección. Tratándose del *agente* que es “afectado” por las propias fuerzas evolutivas fue concebido por los miembros de la Teoría Sintética como *individuos* sobre los que actúan los procesos indicados.

2.1 La caracterización de los *agentes* de proceso evolutivo desde la Teoría Sintética de la Evolución

Unidad de evolución. Siendo la unidad de evolución uno de los conceptos fundamentales dentro de la teoría de la evolución, es notoria la ausencia de una definición clara tanto desde la práctica científica así como de los análisis filosóficos que se han realizado sobre ella. Pero si su definición no está

totalmente dada, la propuesta de la población como la unidad se trató uno de los puntos centrales de la Teoría Sintética de la Evolución .

Unidad de selección. La caracterización de la unidad de selección también es un problema a resolver, aunque evidentemente se le ha prestado una mayor “atención” tanto por parte de los biólogos así como de los epistemólogos. ¿Qué definición tomar de uno de los conceptos más necesarios y difíciles de la teoría de la evolución? Consideremos al respecto, al menos provisoriamente, la dada por Elliot Sober: “ X es una unidad de selección en la evolución del rasgo R en el linaje L si y sólo si R ha evolucionado en L porque R confería un beneficio a los X ” (Sober, 1996, p. 153). Se considera entonces que la evolución de un determinado linaje L es un sistema jerárquico de tres niveles. El rasgo R pertenece al nivel primero, sugerido como una adaptación organísmica. Esta le confiere un beneficio al nivel dos, la unidad de selección X , caracterizada generalmente como el organismo o individuo. El linaje L , tal como anticipamos, es identificado en forma unívoca por la TSE con la población.

Los adeptos a la TSE comenzaron una discusión acerca de si en efecto el individuo o el gen constituía la unidad de selección. Aún cuando cierto es que la elección puede predecir alguna genuina perplejidad ante escenarios en los que la base genética sea de relativa simpleza, la identificación entre genotipo y fenotipo parece basarse en una ingenuidad epistémica alarmante. Parece bien lo suficientemente bien delimitado el proceso de selección natural como para entender que la selección actúa siempre sobre el fenotipo, pudiendo ser seleccionada dicha variantes en la medida en que posea la condición de ser heredable. Otras opciones han surgido en el seno de la TSE, tal como el caso de la selección de grupo no pudiendo ser ampliado aquí por obvios motivos. Sin embargo, pese a los múltiples intentos, se continuó privilegiando al individuo como la única unidad de selección.

Procesos evolutivos. Tal como mencionamos, la Genética de Poblaciones propuso diferentes mecanismos que parecían explicar la mayoría de los fenómenos evolutivos: selección natural, migración, mutación y deriva. Sin embargo, la deriva génica, expresión del azar en los procesos microevolutivos, fue paulatinamente relegada como fuerza evolutiva significativa. Este tipo de caracterización se fue acentuando a medida que el siglo XX avanzaba. Tal como describe Gould en su libro *La estructura de la teoría evolutiva*, las propias marginaciones que las teorías planteadas por Sewal Wright (1889-1998) respecto al rol de la deriva génica en la dinámica evolutiva, constituyó una tendencia creciente. En forma intensificada, fue la selección natural la fuerza elegida para explicar si bien no toda la historia, al menos sí

la más relevante. La deriva debía contentarse en cumplir el rol de tratarse de una fuerza con injerencia significativa en poblaciones de tamaño reducido. Como una explicitación de ello veamos el siguiente fragmento del Premio Nobel Jacques Monod extraído de su libro *El azar y la necesidad*:

La selección opera, en efecto, sobre los productos del azar y no puede alimentarse de otra forma; pero opera en un dominio de exigencias rigurosas donde el azar es desterrado. Es de estas exigencias, y no del azar, de donde la evolución ha sacado sus orientaciones generalmente ascendentes, sus conquistas sucesivas, el crecimiento ordenado del que ella parece dar la imagen. (Monod, 1989, p. 131)

Con los tres elementos caracterizados, la Teoría Sintética de la Evolución encontraba en su *simpleza* un motivo más de protagonismo. La “reacción de los excluidos” (Bowler, 1998) a partir de los fines de los 60’, proponía la necesidad de limitar los alcances de un marco teórico que amenazaba con dar cuenta de todos los fenómenos evolutivos. Así, los análisis propugnaban por la imagen de una jerarquía de la vida que venía a ocupar la condición de posibilidad para una Teoría Sintética de la Evolución en la que solo logre aplicarse en el nivel poblacional desde la cual había sido generada.

2.2 Desde las propuestas jerárquicas

Cuando se piensa en un sistema jerárquico, tal como el que aquí es analizado, surge el interrogante de cuáles y de qué modo serán caracterizados los diferentes *agentes* en cada uno de los niveles. Entre las opciones posibles, surgen los elementos ya previamente reconocidos: ¿Jerarquías de las unidades evolutivas? ¿De las unidades sobre las que actúan las fuerzas evolutivas? ¿De las fuerzas evolutivas?

Si bien, tal como fue mencionado previamente, una de las rupturas darwinianas por excelencia fue la alteración de la unidad evolutiva (Lewontin, 2001), no fue considerada una dimensión jerárquica por parte de sus partidarios. Por el contrario, fueron las dos restantes las que aparecieron jerárquicamente reproducidas, acaso como el intento por limitar “algo” que, paradójicamente, encontraba así otra forma de extrapolación.

Unidad de selección. Los abordajes que propugnaban por cierta autonomía de los marcos teóricos macroevolutivos (negando cualquier reducción teórica) se orientaron a “encontrar” *individuos* sobre los que actúen fuerzas selectivas. Debíase entonces ampliar el concepto de *individuo* aún bajo el riesgo de “pagar el precio” de las críticas fuertes originadas por parte de los

realistas: ¿qué era entonces este *individuo*? Veamos sólo algunos ejemplos, de un debate extenso y que no requiere plantearse aquí exhaustivamente. David Hull indica por ejemplo que son “Entidades a diversos niveles de organización que pueden funcionar como unidades de selección si poseen la clase de organización que exhiben de manera ostensible los organismos” (Hull, *apud* Gould, 2004, p. 630).

A pesar de esta interesante propuesta, el problema de la “individualidad” quedaba evidentemente abierto. Entre los criterios que Gould cree conveniente incorporar surgen tanto los referidos al lenguaje ordinario para atribuir la individualidad a cualquier configuración, y los propios de la teoría darwiniana para contemplar cualquier entidad como un individuo evolutivo susceptible de selección (criterios evolutivos) (Gould, 2004). Respecto a este segundo, su caracterización puede encontrarse en un texto previo (Vrba & Gould, 1986) en el que estas nuevas entidades poseen las características de objetos evolutivamente reproductivos: nacimiento, coherencia y estabilidad durante su “vida”, capacidad de dejar descendencia, posibilidad de cambiar y muerte. Para que actúen estos análogos selectivos, los caracteres deben ser heredables y “emergentes”, y en los que la interacción con el ambiente cause diferencias en las tasas de nacimiento o muerte entre diferentes (Vrba & Gould, 1986).

Pero esta propuesta debe ser analizada críticamente en dos planos: en el estrictamente terminológico y en el teórico. Porque si acaso la elección del individuo para la búsqueda jerárquica ya debe ser analizada en términos críticos, la propia caracterización de la unidad que es blanco de las fuerzas evolutivas en los términos lingüísticamente anticipatorios de “unidad de selección” no es menos sorprendente, pero propio de la siguiente sección. Pero, por otro lado, epistemológicamente el propio Gould tuvo que soportar las críticas sobre una propuesta que se asemejaba demasiado a la selección natural. No es mi interés aquí profundizar en las semejanzas y las diferencias entre el “*sorting* gouldeano” y la selección natural. Resulta claro que el parecido dista de una identificación estricta, tal como puede sugerirse en posiciones tales como la dada en trabajos tales como ese “fractal” imaginado por Armand M. Leroi (2000); pero la semejanza parece ser tal como para evitar las pretensiones de indicar fuerzas macroevolutivas cuya deuda sea nula.

Procesos evolutivos. A la búsqueda jerárquica dada en los términos de unidades de selección y no unidades evolutivas, se le incorporó el mecanismo del nivel microevolutivo. Así, el mecanismo selectivo debía recordar en todos los casos a aquel propuesto desde la microevolución. La selección

natural o alguna de sus versiones jerárquicas, parecía derivarse de manera *a priori* del propio esquema evolutivo propuesto. Pese a todo, algunos otros mecanismos lograron ser planteados. Con mayor o menor éxito en su aceptación por parte la comunidad científica, mecanismos como el de la “cooperación” en sus diferentes variantes trataban de completar esta carencia, en diferentes versiones tales como las dadas por Piotr Kropotkin (1842-1921), o por su versión de *simbiogénesis* por Lynn Margulis y Carl Sagan (Margulis & Sagan, 2002).

Sin embargo, más allá de sus posibles virtudes, se debe indagar el por qué la consideración *a priori* de las diferentes versiones selectivas en el camino de indagación puede resultar en efecto un problema. Ensayemos dos respuestas para ello:

I) La selección es una condición suficiente pero no necesaria de la evolución. La búsqueda de escenarios selectivos es un punto de inicio en el tipo de investigación que se suele dar en los estudios microevolutivos. Esto, si bien suele no ser respetado en diferentes indagaciones (por ejemplo, en el ámbito de la etología), la selección es sólo uno de los mecanismos posibles que se proponen a raíz de cualquier evento evolutivo.

II) A la vez, desde la propia indagación científica, la selección es un mecanismo planteado estrictamente para el ámbito microevolutivo. Esta característica puede tratarse de un elemento asumido o no en el uso de las extrapolaciones, pero sin embargo, en la medida en que los otros elementos pueden jugar diferentes caracterizaciones en el nuevo campo de aplicación, resulta al menos un punto para pensarse en términos más exhaustivos. Las alteraciones pueden darse no sólo respecto a los acentos en las propias fuerzas evolutivas (por ejemplo acerca del rol del azar en la macroevolución respecto de la microevolución), sino que incluso puede darse respecto a nociones básicas. Dos de las de mayor relevancia son caso las referidas a las básicas nociones de tiempo y espacio, en las que su caracterización en la macroevolución en los mismos términos que la microevolución no deja de tratarse de una consideración *a priori*.

3 LA UNICIDAD DEFENDIDA Y EL “FRACASO” JERÁRQUICO

3.1 La defensa de la unicidad desde la TSE

Interrogar por las causas del desplazamiento que se produjo en la unidad evolutiva obliga a entender cuáles posiciones se esgrimieron desde

diferentes sectores dentro de la Teoría Sintética de la Evolución que llevó a concebir que dicho movimiento debiera ser realizado. A mitad del siglo XX, puede encontrarse que la evolución de los taxones correspondientes a los niveles jerárquicos superiores – macroevolución – no lograba alcanzar cierta aceptación como campo de estudio separado de la microevolución neodarwiniana. Este avance de la población hacia el denominado “tiempo profundo” generaba un enfrentamiento correlativo entre disciplinas. La Genética dentro de la TSE avanzaba sobre la propia naturaleza disciplinar de la Paleontología. La desconfianza sobre la macroevolución se fue incrementando a medida que el siglo XX avanzaba.

La Paleontología mientras tanto recupera gran parte de ese discurso. Uno de los científicos que evidentemente han tenido una posición central en la conformación de dicho desplazamiento fue George Gaylord Simpson (1902-1984). Expresado bajo la forma de un condicional, la relación entre micro y macroevolución encontraba allí una estructura similar:

La macroevolución involucra el origen y la divergencia de grupos diferenciados, siendo aún discutible si difiere en clase o sólo en grado de la microevolución. Si ambas resultan ser básicamente diferentes, los innumerables estudios realizados acerca de la microevolución serían de poca importancia y tendrían un valor menor en el estudio de la evolución como un todo. (Simpson, 1944, p. 97 *apud* Erwin, 2000, p. 79)

Pero las características de la tensión disciplinar deben quedar bien establecidas. No estaba en juego la *fagocitación* de una disciplina por otra. Otra cosa bien distinta se ponía en escena, apuntando más bien a cuáles eran los roles de una y otra dentro del marco teórico de la Biología. Esta es explicitada unos años después por los paleontólogos Niles Eldredge y Ian Tattersall cuando mencionaban que:

Después de una magistral demostración, por George Gaylord Simpson, de que los datos de la Paleontología concuerdan en efecto con estos puntos de vista, los paleontólogos se han mantenido, a propósito de la teoría de la evolución, tan callados como las rocas donde indagan. Han sido sacados del juego. El genetista estudia los mecanismos de la evolución. Sistemáticos y paleontólogos estudian los resultados. Todo lo que necesita hacer un paleontólogo es extrapolar los hallazgos de la genética y preguntar qué aspecto tiene, en el tiempo geológico, el proceso neodarwiniano generación tras generación. (Eldredge & Tattersall, 1986, p. 58)

Metodológica, epistemológica y ontológicamente, la microevolución era presentada como constitutiva de un núcleo duro cuya extrapolación al

tiempo profundo promoverían vías de indagación necesarias. Entre las virtudes que presentaba la microevolución para poder cumplir con dicho rol aparecían algunas de importante naturaleza. Por un lado, su base teórica presentaba una gran capacidad heurística a la vez que una enorme cantidad de fenómenos encontraban una explicación interna evidentemente satisfactoria. Pero, paralelamente, la propia caracterización de *explicar* ubicaba a esta base teórica en la casi inevitable identificación de ser la única con capacidad explicativa. *Explicar* se reducía a buscar sus orígenes, en los términos de presentar sus causas, causas eficientes que han actuado en la historia de determinado carácter. Ante la imposibilidad de buscar causas en los estudios de los niveles jerárquicos superiores, no había posibilidad de dar cuenta de los fenómenos de gran distancia temporal. Sólo su enunciación, el reconocimiento de la variabilidad en diacronía, ese pasaba a ser el único objetivo de la Paleontología. Este avance paulatino tal como indicamos se conservó hasta la década del 70'.

3.2 El fracaso de la multiplicidad desde los abordajes de la década del 70'

¿Qué sucedió que la propuesta jerárquica de los 70's y 80's no logró sostenerse dentro de la comunidad científica que indagaba sobre la vida? Evidentemente que la multiplicidad de factores que han actuado excede las posibilidades y los fines de este trabajo. Pero veamos al menos cómo parece haber contribuido la caracterización de los diferentes *agentes* evolutivos dada en la sección anterior. Las consecuencias sólo aquí mencionadas e indeseables por los propios protagonistas, fueron de diferente naturaleza:

a) La pobreza empírica. Uno de las consecuencias centrales radica en la ausencia de una delimitación clara de los fenómenos macroevolutivos. La propia reducción teórica trajo aparejado que los fenómenos correspondientes a la evolución de los taxones superiores sean comprendidos dentro exclusivamente de los mismos escenarios poblacionales.

b) La pobreza teórica. Sin bien la riqueza teórica que han aportado estos autores es indudable, no lo es tanto en lo que respecta en particular a los escenarios jerárquicos. Del mismo modo, se generaron analogías triviales difíciles de sostener y se alteraron los campos de aplicación de conceptos claves (tales como los dados en la comparación entre selección natural y selección de especies). Junto a estas analogías, un conjunto de metáforas se intentaron sostener por diferentes autores. Y aunque su sentido estaba claro, su naturaleza reactiva le impidió una independencia que esta área parecía necesitar y por la que ellos mismos propugnaban.

c) El privilegio ontológico. Aún cuando Gould y otros definieron cierto compromiso ontológico con lo *individuos*, el esquema de analogías parece no haber logrado convencer a los miembros de la TSE. Además, más allá del paleontólogo norteamericano, muchos de los intentos por abordar los sistemas evolutivos lo han hecho desde un abordaje de tipo emergentista, suponiendo un tipo de dependencia ontológica de los niveles superiores respecto a los inferiores. El principio de las propiedades emergentes en clave biológica establece que “el todo es más que la suma de sus partes, por lo que a pesar que muchos patrones macroevolutivos puedan ser derivados de mecanismos de especiación, la derivación no es simplemente una extrapolación” (Templeton, 1986). El abordaje emergentista involucró a numerosos investigadores y abordajes (ver como ejemplo Fenzl & Hofkirchner, 2000). Pero, más allá de las diferencias entre ellos, resulta claro que siempre queda establecida una dependencia ontológica respecto a aquellos niveles informativos que dan origen hacia niveles superiores de complejidad. En otros casos incluso, se partía del patrón empírico (en particular desde lo propio dado por el debate de equilibrio puntuados y gradualismo) para poder generar una base teórica que lo explique (ver como ejemplo Sneppen, Bak, Flyvbjerg & Jensen, 1995). Esta inversión nunca cuestionó la base teórica en juego sino más bien los acentos y combinación que de ellos se sostenía. En particular, las interacciones entre individuos y poblaciones constituían uno de los elementos centrales a ser recuperados, con una posición que evidentemente no salía de la esfera gnoseológica.

4 LA ESTRUCTURA DE LA VIDA EN DIACRONÍA EN EL SIGLO XX

Hasta la actualidad, las propuestas de otras unidades evolutivas además de la población no han sido mayormente aceptadas. Queda, evidentemente, el interrogante de cuán relevante es el estudio de este campo a los fines del entendimiento de la historia de la vida. Creemos que se trata de un desafío difícil y necesario, ya que las teorías microevolutivas parecen tener serios problemas al analizar la vida a través de los millones de años, al menos en forma exclusiva. Por ello pareciera ser necesaria que la unidad de selección no sea considerada el primer elemento a reconocer en el camino epistemológico respecto a la unidad de evolución. Así mismo, pensar que la micro y la macroevolución tienen mecanismos semejantes o análogos, se trata sólo de un supuesto que el abordaje mediante la teoría de sistemas podría no asumir, al menos en los términos *a priori*. Aún cuando estemos

frente a un sistema jerárquico los mecanismos implicados entre los distintos niveles no tienen por qué ser los mismos. No hay duda de la existencia de algún tipo de relación entre los niveles involucrados de la microevolución y la macroevolución, pero las características de ésta no tienen por qué darse en términos identificatorios. El camino debiera así no reproducir la *dependencia* respecto a la microevolución, que en efecto parece haberse dado, tal como intentamos justificar, en la propuesta dada por S. J. Gould. Se reconoce que trabajar con sistemas complejos de jerarquías crecientes, y con la multiplicidad de niveles en diacronía es una tarea ardua que involucra un abordaje multidisciplinario, se tratan de condiciones necesarias para la explicación que la historia de la vida requiere. Esta independencia debe ensayar sus formas metodológicas, epistemológicas y ontológicas. En acuerdo que investigaciones previas, la vida como jerarquía debe presentarse como un fenómeno estratificado, organizado jerárquicamente en múltiples niveles ontológicos. La relación entre ellos debe caracterizarse en análisis particulares, no resultando triviales los mismos. La diferencia con posturas previas resulta evidente en la medida en que las propiedades emergentes deben poseer el mismo status que las propiedades fundamentales, siendo reales y no sólo materia de descripción (Lombardi & Labarca, 2005; Lombardi & Pérez Ransanz, comunicación personal).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWLER, Peter J. *El eclipse del Darwinismo. Teorías antidarwinistas en torno a 1900*. Trad. Juan Faci Lascata. Barcelona: Labor, 1995.
- . *Historia Fontana de las ciencias ambientales*. Trad. Roberto Elier. México: Fondo de Cultura Económica, 1998.
- DEPEW, David J.; WERBER, Bruce H. *Darwinism evolving. Systems dynamics and the genealogy of natural selection*. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.
- ELDREDGE, Niles; TATTERSALL, Ian. *Los mitos de la evolución humana*. Trad. J. Almena. México: Fondo de Cultura Económica, 1986.
- ERWIN, Douglas. Macroevolution is more than repeated rounds of microevolution. *Evolution & Development* 2: 78-84, 2000.
- FENZL, Norbert; HOFKIRCHNER, Wolfgang. *Emergence and interaction of natural systems*. Odense, 2000. Conferencia. Fourth international conference on emergence. Disponible en: <<http://www.gpa21.org/en/publication.php?CodPublicacao=5>>. Acceso: 10 de octubre del 2007.

- FUTUYMA, Douglas J. *Evolutionary biology*. Sunderland: Sinauer Associates, 1998.
- GOULD, Stephen Jay. *La estructura de la teoría de la evolución*. Trad. Ambrosio Gracia Leal. Barcelona: Metatemáticas Editora Tusquets, 2004.
- LEROI, Armand M. The scale independence of evolution. *Evolution & Development* **2**: 67-77, 2000.
- LEWONTIN, Richard. *El sueño del genoma humano y otras ilusiones*. Trad. R. Íbero. Barcelona: Paidós Iberica, 2001.
- LOMBARDI, Olimpia; LABARCA, Martín. The ontological autonomy of the chemical world. *Foundations of Chemistry* **7**: 125-148, 2005.
- MARGULIS, Lynn; SAGAN, Carl. *Captando genomas*. Trad. D. Sempau. Barcelona: Kairós, 2002.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought. Diversity, evolution and inheritance*. Harvard: Belknap, 1982.
- MONOD, Jacques. *El azar y la necesidad*. Trad. Francisco Ferrer Lerín. Barcelona: Tusquets, 1989.
- SNEPPEN, Kim; BAK, Per; FLYVBJERG, Henrik; JENSEN, Mogens H. Evolution as self-organized critical phenomenon. *Proceedings of the National Academy of Science* **92**: 5209-5213, 1995.
- SOBER, Elliot. *Filosofía de la biología*. Trad. T. R. Fernández & S. del Viso. Madrid: Alianza Editorial, 1996.
- TEMPLETON, Alan. The relation between speciation mechanisms and macroevolutionary patterns. Pp: 497-512, *in*: KARLIN, S.; NEVO, E. (eds.). *Evolutionary processes and theory*. New York: Academic Press, 1986.
- VRBA, Elizabeth S.; GOULD, Stephen Jay. The hierarchical expansion of sorting and selection: sorting and selection cannot be equated. *Paleobiology* **12** (2): 217-228, 1986.

As contribuições de Theodosius Dobzhansky para o desenvolvimento da genética no Brasil (1943-1960): um estudo bibliométrico

José Franco Monte Sião*

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o desenvolvimento da genética tomou um grande impulso a partir da década de 1930¹, principalmente em três centros de pesquisa biológica localizados no Estado de São Paulo: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), cujo líder foi Carlos Arnaldo Krug; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), em Piracicaba, cujo líder foi Friedrich Gustav Brieger (1900-1985); e a Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (USP), cujo líder foi André Dreyfus (1897-1952).

Podemos dizer que as pesquisas brasileiras em genética nessa época estavam divididas em duas linhas. A primeira delas se concentrava no melhoramento vegetal e era desenvolvida no IAC e na ESALQ², desde a época de sua fundação. A segunda linha de pesquisa, ligada ao estudo de animais, principalmente invertebrados, foi adotada pelo grupo da USP.

* Mestrando do Programa de estudos Pós-graduados em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; Bolsista da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. E-mail: jfmontesiaio@ig.com.br

¹ O início da genética no Brasil pode ser datado de 1918 quando o assunto foi lecionado pelo Prof. Carlos Teixeira Mendes na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Araújo, 2004, pp. 468-469).

² Neste trabalho não entraremos em detalhes sobre o desenvolvimento das pesquisas e das pessoas que fizeram parte dos dois grupos mencionados. Daremos ênfase ao terceiro centro de pesquisa, o da Faculdade de Filosofia da Universidade de São Paulo, liderado por André Dreyfus.

Neste artigo iremos nos concentrar nas contribuições do grupo de André Dreyfus que era constituído por Crodowaldo Pavan (nascido em 1919), Antônio Brito da Cunha e Rosina de Barros, entre outros. Dreyfus trouxe para o Brasil o geneticista Theodosius Dobzhansky (1900-1975), cujo nome está relacionado à “Síntese Evolutiva” ou “Teoria Sintética da Evolução”, movimento dentro da biologia que procurou integrar diversas disciplinas da área biológica, durante o período entre guerras (Araújo, 2006, p. 5; Smocovitis, 1996). Dobzhansky interagiu com vários geneticistas do grupo de Dreyfus, produzindo uma série de publicações tanto individuais como conjuntas.

O objetivo deste artigo é, através de um estudo bibliométrico, procurar averiguar o impacto produzido pelas diversas visitas de Dobzhansky no desenvolvimento da genética no grupo da USP e no Brasil, no período compreendido entre 1943 e 1960.

Dobzhansky visitou o Brasil várias vezes, especialmente a Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. No entanto, estudos historiográficos recentes sugerem que foi apenas em quatro visitas (1943, 1948-49, 1952 e 1955-56), consideradas mais longas, que ele deixou contribuições significativas (ver Araújo, 1998, p. 49).

2 O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DESTA PESQUISA

Tomamos como ponto de partida a leitura de fontes secundárias mais gerais sobre a questão. Percebemos que a maioria delas não trazia muitas informações sobre as fontes primárias. Sendo assim recorreremos, inicialmente, à bibliografia bastante completa apresentada por Edmund Brisco Ford (1977) em sua biografia de Dobzhansky. Neste levantamento consideramos apenas as publicações de Dobzhansky com brasileiros – estudos de genética de populações com *Drosophila* – no período compreendido entre 1943 e 1960.

Como Dobzhansky em suas visitas ao Brasil desenvolveu os projetos em parceria com a Universidade de São Paulo, e esta dispõe de uma base de dados *Dedalus* que inclui a produção científica dos seus docentes³, resolvemos utilizar esta base para fazer um levantamento dos principais pesquisadores brasileiros que trabalharam nos projetos coordenados por Dob-

³ Base de dados *on line* Dedalus, da Universidade de São Paulo, disponível no endereço <<http://dedalus.usp.br>>.

zhansky. Começamos o levantamento pelas publicações de Dobzhansky em co-autoria com brasileiros.

Nessa busca encontramos dois artigos que não estavam registrados na bibliografia utilizada como ponto de partida (Ford, 1977). Estes foram escritos por Dobzhansky e Antonio Brito da Cunha e tratavam da diferenciação nas preferências de nutrição nas espécies de *Drosophila*, tendo sido publicados em dois periódicos brasileiros: *Ciência e Cultura* (1953) e *Revista Brasileira de Química* (1954). Realizamos também um levantamento das publicações feitas somente pelos brasileiros bem como com outros autores. A partir daí, acreditamos que esgotamos quase todas as possibilidades de publicações armazenadas no *Dedalus* dos principais brasileiros que fizeram parte das pesquisas em genética de populações no Brasil. No entanto, estávamos certos de que não havíamos atingido o objetivo, que era conseguir localizar o maior número de publicações possível. Para tanto, selecionamos dentre os artigos levantados na base de dados da *Royal Society* e no *Dedalus* cerca de doze, que consideramos relevantes. Estes foram publicados em periódicos como, *Genetics*, *Evolution*, *The American Naturalist*, *Ecology*, *The Journal of Animal Ecology*, *Ciência e Cultura*, entre outros. Consultando sua bibliografia obtivemos a referência de mais de oitenta publicações em variados periódicos nacionais e internacionais. Além disso, acrescentamos alguns artigos que constam da bibliografia de um artigo Pavan & Brito da Cunha (2003) que não havíamos localizado em nosso levantamento anterior. Na bibliografia final incluímos uma amostra significativa das obras que foram levantadas.

3 AS PUBLICAÇÕES LEVANTADAS

Nosso levantamento não detectou publicações de autores brasileiros sobre genética de populações com *Drosophila* antes de 1943. Não por acaso, as primeiras publicações dos brasileiros sobre este assunto surgiram após a chegada de Dobzhansky ao Brasil pela primeira vez em 1943, já que foi ele que introduziu este tipo de estudo em nosso país. Após este ano, as publicações de brasileiros sobre o assunto se tornaram freqüentes.

Constatamos que os principais brasileiros que publicaram no período aqui estudado foram: Antonio Brito da Cunha, Crodowaldo Pavan, Rosina de Barros, Newton Freire-Maia, André Dreyfus, Antonio Geraldo Lagden Cavalcanti, Osvaldo Frota Pessoa, Antonio Rodrigues Cordeiro, Luiz Edmundo de Magalhães e Francisco Mauro Salzano. Alguns dos autores, como Newton Freire Maia e Frota Pessoa, em determinado momento

mudaram o enfoque de suas pesquisas (ver Araújo, 2004, p. 473), o que explica a redução da quantidade de suas publicações sobre o assunto em determinados períodos.

Apresentaremos alguns gráficos que mostram as publicações dos brasileiros individualmente e em co-autoria com outros brasileiros ou com Dobzhansky.

De 1943 a 1948 encontramos 12 publicações; de 1949 a 1952, 35 publicações; de 1953 a 1955, 23 publicações e de 1956 a 1960, 13 publicações. Evidentemente, isso não quer dizer que, por exemplo, as 35 publicações levantadas de 1949 a 1952, período entre a segunda e a terceira visitas de Dobzhansky ao Brasil, sejam necessariamente publicações exclusivas do segundo período (1948-1949) que corresponde à segunda visita de Dobzhansky ao Brasil. Podem resultar da colaboração feita no período anterior. No entanto, constatamos que a grande maioria das publicações aparece no segundo período.

Também pudemos perceber que, do segundo para o quarto período, houve uma significativa queda de publicações. Das 83 publicações levantadas, 4 são teses, 3 são publicações de congressos e 76 são artigos publicados em mais de 20 periódicos distintos.

Periódico	Nº publicações	%
<i>Advances in Genetics</i>	1	1,3
<i>American Naturalist</i>	2	2,6
<i>Annual Review of Entomology</i>	1	1,3
<i>Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP</i>	7	9,2
<i>Ciência e Cultura</i>	9	11,8
<i>Chromosoma</i>	1	1,3
<i>Cultus</i>	2	2,6
<i>Dusenian</i>	1	1,3
<i>Ecology</i>	4	5,3
<i>Evolution</i>	10	13,2
<i>Forma et Functio</i>	1	1,3
<i>Gazeta Clínica</i>	1	1,3
<i>Genetics</i>	3	3,9
<i>Hereditas</i>	1	1,3
<i>Heredity</i>	2	2,6

<i>Journal Animal Ecology</i>	1	1,3
<i>Nature</i>	2	2,6
<i>Proceedings of the National Academy of Sciences USA</i>	5	6,6
<i>Revista Anhembi</i>	3	3,9
<i>Revista Brasileira de Biologia</i>	15	19,7
<i>Revista Brasileira de Química</i>	2	2,6
<i>São Paulo Médico</i>	2	2,6

Os gráficos abaixo, construídos utilizando os dados assim obtidos, referem-se apenas a publicações referentes a genética de populações com estudo de *Drosophila*, de 1943 a 1960. Os mesmos autores publicaram outros trabalhos, além desses, que não foram computados.

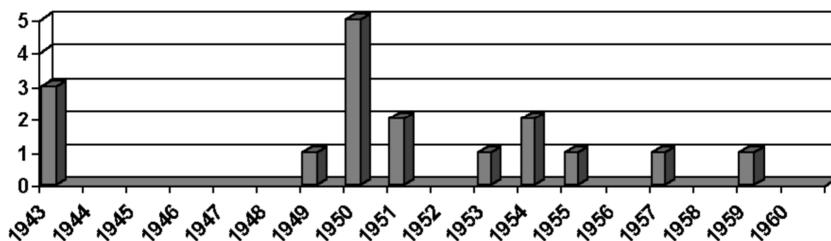


Gráfico 1. Publicações de Dobzhansky com brasileiros, não importando a ordem de autoria.

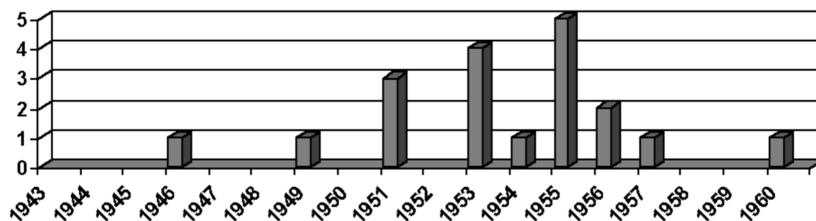


Gráfico 2. Publicações individuais de Antonio Brito da Cunha.

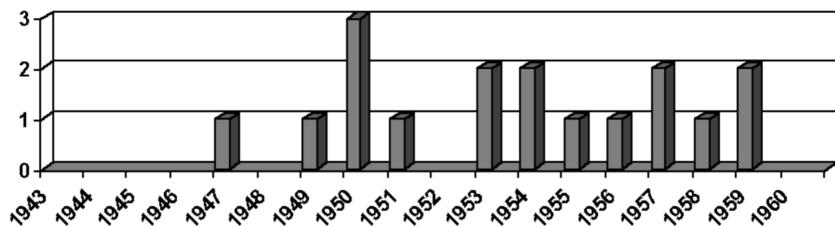


Gráfico 3. Publicações de Antonio Brito da Cunha em co-autoria.

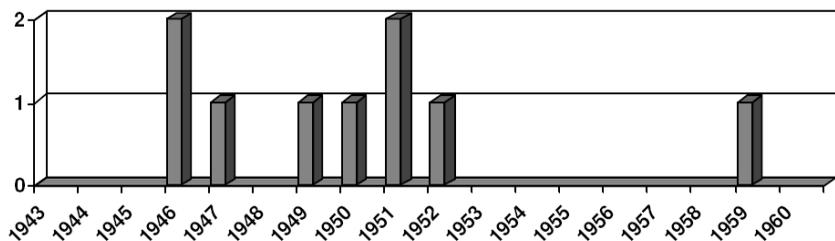


Gráfico 4. Publicações individuais de Crodowaldo Pavan.

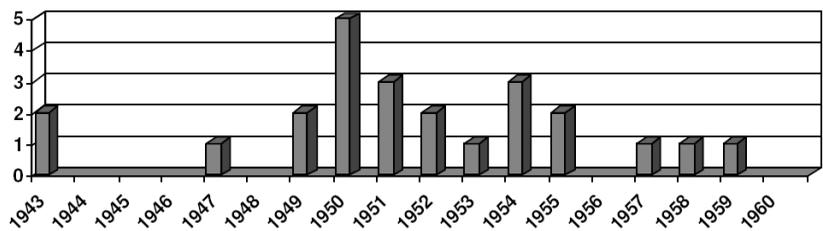


Gráfico 5. Publicações de Crodowaldo Pavan em co-autoria.

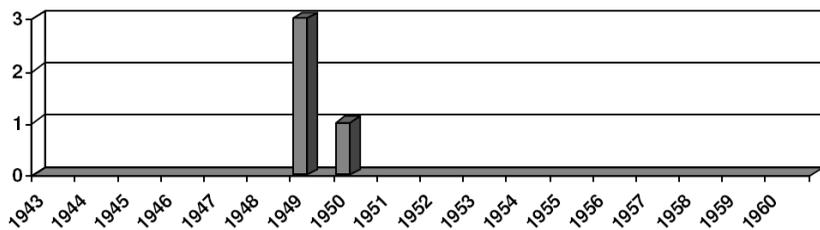


Gráfico 6. Publicações individuais de Rosina de Barros.

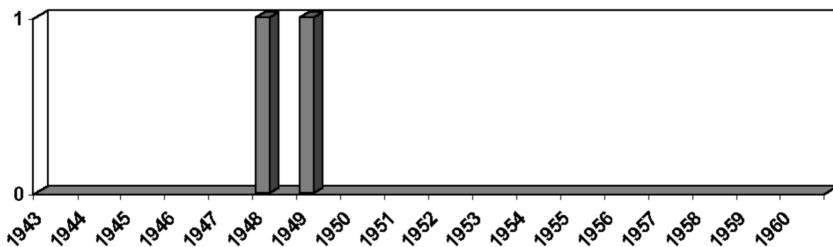


Gráfico 7. Publicações de Rosina de Barros em co-autoria.

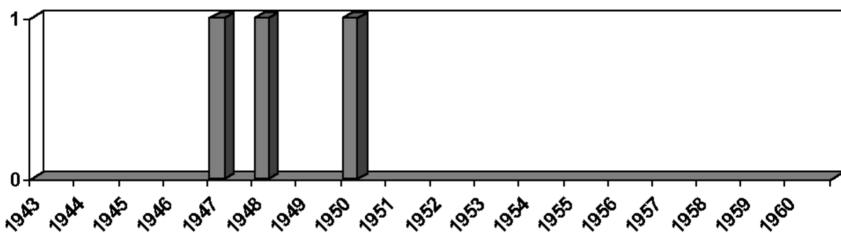


Gráfico 8. Publicações individuais de Newton Freire-Maia.

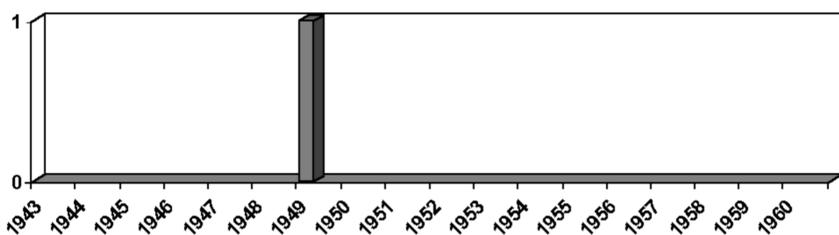


Gráfico 9. Publicações de Newton Freire-Maia em co-autoria.

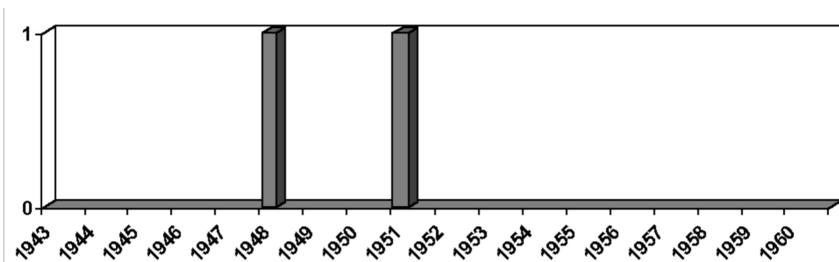


Gráfico 10. Publicações individuais de André Dreyfus.

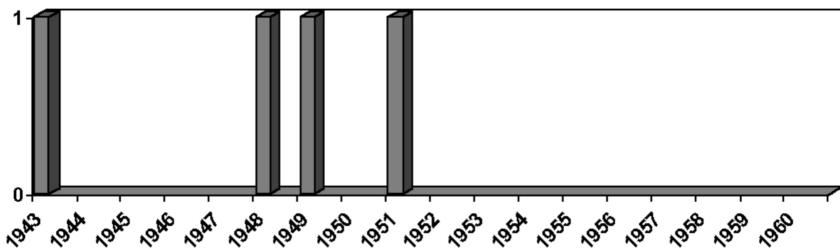


Gráfico 11. Publicações de André Dreyfus em co-autoria.

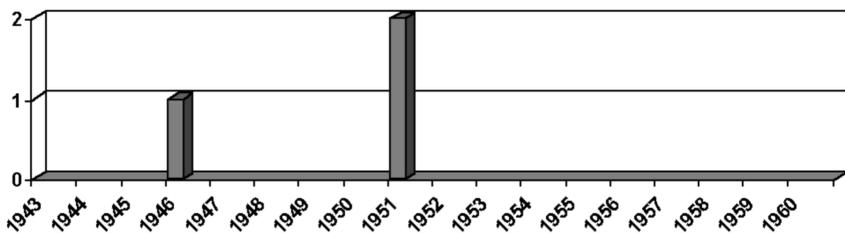


Gráfico 12. Publicações individuais de Osvaldo Frota Pessoa.

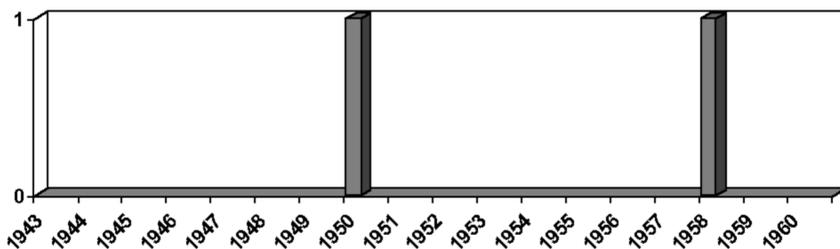


Gráfico 13. Publicações de Antonio Geraldo Lagden Cavalcanti.

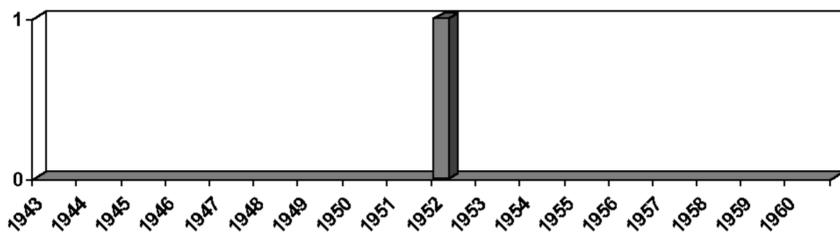


Gráfico 14. Publicação individual de Antonio Rodrigues Cordeiro.

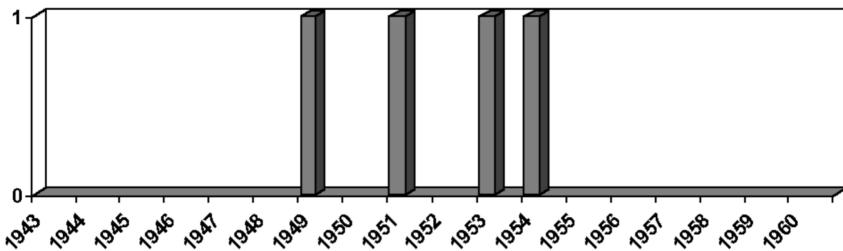


Gráfico 15. Publicações de Antonio Rodrigues Cordeiro em co-autoria.

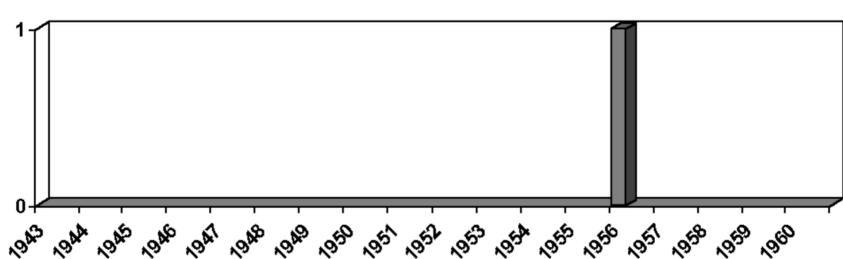


Gráfico 16. Publicação individual de Luiz Edmundo de Magalhães.

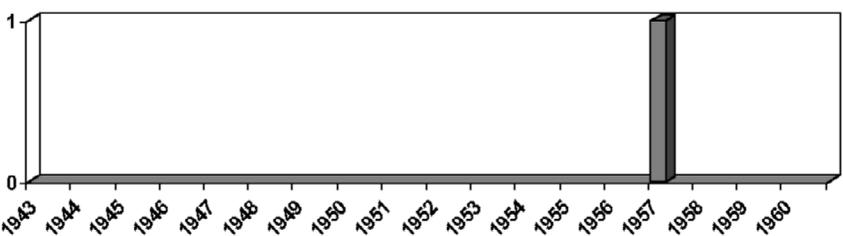


Gráfico 17. Publicações de Luiz Edmundo de Magalhães em co-autoria.

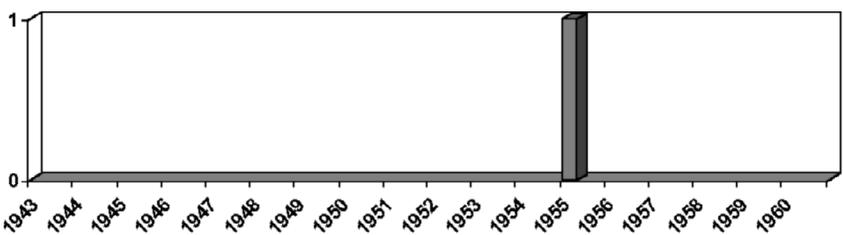


Gráfico 18. Publicação individual de Francisco Mauro Salzano.

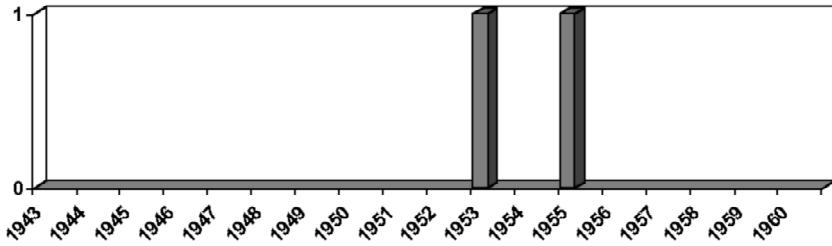


Gráfico 19. Publicações de Francisco Mauro Salzano em co-autoria.

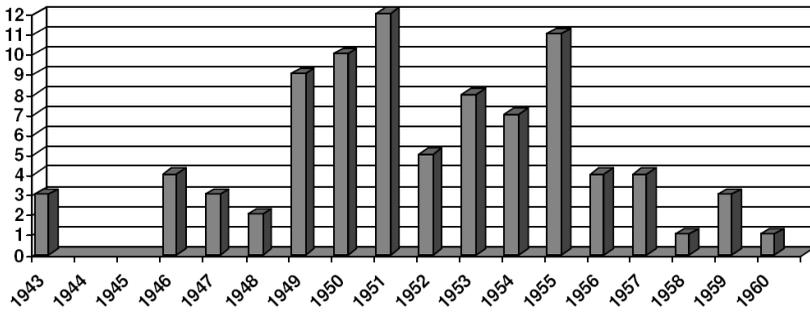


Gráfico 20. Publicações dos brasileiros (sozinhos ou com outros), de 1943 a 1960 (num total de 90 publicações). Somente trabalhos relacionados com o estudo de genética de populações com *Drosophila*.

4 AS QUATRO VISITAS

Em 1943, Dobzhansky permaneceu no Brasil durante quatro meses. Nesse período ministrou um curso sobre evolução e coleta de duas espécies de *Drosophila*. Desta primeira visita resultaram três artigos. Dois deles, escritos em co-autoria com Crodowaldo Pavan, descreviam 23 novas espécies de *Drosophila* que haviam sido coletadas em São Paulo e Rio de Janeiro bem como o complemento cromossômico de três outras espécies⁴. O ter-

⁴ Há uma diferença em relação a esta informação em três artigos publicados. No primeiro deles aparece “22 novas espécies e redescrição de outras 8” (Pavan, 1950a, p. 172). Em um segundo aparece: “23 novas espécies em um total de 31” (Araújo, 1998, p. 49). Nesse segundo caso, o autor está considerando as 23 espécies e as 8 “redescritas”. Em um terceiro artigo aparece: “28 novas espécies e redescrição de outras 8” (Pavan & Brito da Cunha, 2003, p. 388).

ceiro artigo foi elaborado em parceria com André Dreyfus e tratava de aberrações cromossômicas em *Drosophila ananassae*. Além desses artigos, Pavan e Brito da Cunha publicaram uma monografia intitulada “Espécies brasileiras de *Drosophila*” em 1947. Entre 1944 e 1946 Dobzhansky publicou mais sete trabalhos sobre o material obtido no Brasil .

Em nosso estudo constatamos que não houve publicações nos anos de 1944 e 1945. Acreditamos não haver publicações por parte dos brasileiros neste período por dois motivos. Na época, o principal colaborador brasileiro de Dobzhansky era Crodowaldo Pavan. Pavan estava envolvido com sua pesquisa de doutorado sobre “Os peixes cegos das cavernas de Iporanga e a evolução”, tendo como orientador o Prof. André Dreyfus. Pavan obteve o título de doutor em 1945. O outro motivo, teria sido a viagem de Pavan para os Estados Unidos, a convite de Dobzhansky. Nesta viagem ele iria trabalhar por um ano e meio na Universidade de Columbia (ou seja, até agosto de 1946) com financiamento da Fundação Rockefeller.

No ano de 1946 encontramos quatro publicações de brasileiros: um artigo de Antonio Brito da Cunha sobre polimorfismo; dois artigos de Pavan sobre variações cromossômicas em *Drosophila nebulosa* e um artigo de Osvaldo Frota Pessoa onde ele estudou a espécie *Bunostoma brasiliensis*. Tais artigos foram publicados em periódicos como, *Heredity*, *Genetics* e *Proceedings of the National Academy of Science USA*, o que é um indício de que já havia nesta época, uma maturidade científica destes brasileiros, já que se tratava de periódicos conceituados.

Em 1948, Dobzhansky voltou ao Brasil e aqui permaneceu durante um ano. Considera-se este período importante porque a Fundação Rockefeller concedeu bolsas de estudos a vários pesquisadores brasileiros e estrangeiros. Essas bolsas estavam relacionadas à sua participação em um projeto bastante amplo cujo principal objetivo era investigar variabilidade genética associada aos cromossomos II e III de *Drosophila willistoni* e de *Drosophila prosaltans*, provenientes de várias regiões do Brasil (Araújo, 1998, p. 49).

A escolha dessas duas espécies de *Drosophila* foi feita estrategicamente e está relacionada ao projeto de 1943. *Drosophila willistoni* foi escolhida por ser comum em áreas não habitadas por humanos e *Drosophila prosaltans* por ter estado presente na maioria das amostras coletadas, embora fosse uma espécie rara (Pavan, 1950a, p. 172). Tais espécies foram trabalhadas em Nova York e seus cromossomos marcados. Este trabalho foi desenvolvido principalmente por Stanley Zimmering, Boris Spassky e Dobzhansky (Pavan, 1950a, p. 172). Das publicações levantadas, percebemos que uma boa parte, estava relacionada com o estudo de *Drosophila willistoni*, embora no pro-

jeto inicial, segundo Pavan (1950a, p. 172), o estudo devesse ter incluído não apenas *Drosophila willistoni*, mas também *Drosophila prosaltans*.

Nesse período, os principais estudos com *Drosophila prosaltans* estavam sendo feitos por Antonio Geraldo Lagden Cavalcanti no Rio de Janeiro (Pavan, 1950a, p. 172). Foi a partir das publicações relacionadas a essa segunda visita, que notamos a influência marcante de Dobzhansky no desenvolvimento da genética e na formação de uma escola no Brasil. Isso pode ser constatado, não só pelo grande volume de publicações, mas também pela variedade de publicações e participação de autores brasileiros nos principais periódicos do Brasil e do exterior.

O projeto de 1948 (“Research project of the University of São Paulo and Columbia University on genetics and ecology of tropical *Drosophila*”), como o próprio nome indica, envolveu investigações sobre a genética e ecologia da *Drosophila* tropical, feitas em parceria pela Universidade de São Paulo e da Universidade de Columbia. O resultado foi, de acordo com Pavan, a publicação de onze trabalhos que estavam diretamente relacionados ao projeto (Pavan, 1950a, p. 182). Constatamos que dentre os onze artigos, cinco foram publicados no periódico *Evolution*, dois no periódico *Ecology*, um no periódico *Genetics*, um no periódico *The American Naturalist*, e um no periódico *The Journal of Animal Ecology*. Em todos eles ocorreu a participação de brasileiros: seja na condição de autores, seja na condição de co-autores. Os autores brasileiros que mais publicaram durante o período (1949-1951) foram Antonio Brito da Cunha (sete artigos) e Crodowaldo Pavan (seis artigos). Estas publicações se deram entre 1949 e 1951, sendo duas em 1949, seis em 1950 e três em 1951. Do período de 1949 a 1951 levantamos pelo menos outras vinte publicações que envolviam Pavan, Brito da Cunha, Rosina de Barros, Antonio Rodrigues Cordeiro, André Dreyfus, Newton Freire Maia e Osvaldo Frota Pessoa.

Em 1952, Dobzhansky voltou ao Brasil, onde permaneceu durante três meses. Durante este período estudou as inversões cromossômicas nas populações naturais de *Drosophila*. O objetivo do projeto responsável por sua viagem, era dar continuidade ao projeto de 1948-49, sobre genética e ecologia da *Drosophila* tropical, feito em parceria entre as Universidades de Columbia e USP. A primeira publicação diretamente relacionada a este projeto foi chamada de “contribuição n° 12” de Brito da Cunha e Dobzhansky (Brito da Cunha & Dobzhansky, 1954). O artigo tratava do polimorfismo cromossômico em *Drosophila willistoni*. A “contribuição n° 13” (Dobzhansky & Brito da Cunha, 1955), portanto segunda publicação dos

dois autores, discutia a preferência de alimentos de algumas espécies brasileiras de *Drosophila*.

Tendo em vista que a quarta e última visita de Dobzhansky ao Brasil se deu em 1955-56, percebemos que as publicações diretamente relacionadas ao projeto de 1952 sofreram uma significativa redução. Observamos que a segunda publicação ocorreu apenas em 1955, ano da quarta visita. Este seria um aspecto que mereceria uma investigação, uma vez que detectamos no período quase trinta publicações envolvendo brasileiros.

Em 1955 Dobzhansky retornou ao Brasil, por um período de um ano, para coordenar um projeto sobre o estudo do valor adaptativo das inversões cromossômicas em *Drosophila* nas ilhas da baía de Angra dos Reis, litoral do Rio de Janeiro (Araújo, 1998, p. 51). Nesse período, verificamos uma diminuição nas publicações. Constatamos ainda que todas eram de autoria de brasileiros, sem a participação de Dobzhansky. Aldo Araújo apontou alguns dos prováveis motivos para isso:

O projeto de Angra dos Reis tomou grandes proporções, quem sabe bem ao gosto de Dobzhansky (apenas a título de ilustração, Provine, 1981 – opina que uma das diferenças entre Dobzhansky e Sturtevant que devem ter se somado quando do rompimento entre ambos, era de que Sturtevant, além de ser um detalhista – ao contrário de Dobzhansky – era também avesso a mega-projetos, como, por exemplo, foi este de Angra dos Reis). A leitura do projeto, bem como as entrevistas com alguns dos participantes mostram alguns erros no planejamento e inclusive a falta de rigor na análise dos resultados. (Araújo, 1998, p. 51)

Em relação ao que foi sugerido por Araújo, percebemos alguns outros detalhes interessantes. Acreditamos que o rompimento entre Dobzhansky e os brasileiros após a última visita em 1955-56, esteja relacionado a alguns fatos que vinham acontecendo, pelo menos, desde a segunda visita em 1948-49, que discutiremos a seguir.

O referido projeto como afirmou o próprio Pavan tinha vários objetivos:

O objetivo de nosso projeto, em agosto de 1948, era estudar: a) Posição sistemática de *D. willistoni* e *D. prosaltans* em relação a espécies mais afins; b) Número de espécies de drosófilas no Brasil, com suas várias freqüências nas várias regiões climáticas e em meses diferentes; c) Dados ecológicos de *D. willistoni*; d) Estruturas citológicas das populações de *D. willistoni* e *D. prosaltans*; e) Estrutura genética das populações de *D. willistoni* e *D. prosaltans*. (Pavan, 1950a, p. 172)

Através de nossa pesquisa encontramos indícios de que vários desses objetivos deixaram de ser trabalhados. Em nosso levantamento e a partir do exame de várias publicações percebemos que a maioria delas tratava de *Drosophila willistoni*, o que indica que os estudos que estavam programados para serem feitos com *Drosophila prosaltans* foram de, certa forma, deixados de lado, comprometendo os objetivos previstos. O trecho que reproduzimos logo abaixo reforça essa interpretação:

Nas amostras do Rio Negro e Rio Mucajá, na Amazônia, o número de espécies foi também superior a trinta, mas dessa região apenas oito ou dez já são descritas; as outras não descritas ainda continuam nesse estado, por não termos tido tempo para nos dedicar à parte sistemática propriamente dita. (Pavan, 1950a, p. 174)

Em nosso levantamento encontramos algo que nos surpreendeu. Trata-se de um artigo sobre a diversidade de árvores na floresta Amazônica de autoria de George Alexander Black, Dobzhansky & Pavan (1950). Apesar do excesso de trabalho e das dificuldades com que o grupo se deparou, alguns de seus membros ainda encontraram tempo (mesmo este sendo escasso, pelo que afirmou Pavan) para estudar algo que aparentemente não era objeto direto dessa parceria em 1948-48. O trabalho não foi simples. É possível perceber as dificuldades nele envolvidas na passagem que se segue:

O reconhecimento de espécies de árvores na floresta Amazônica é muito difícil ou impossível sem examinar as flores e os frutos. Esta dificuldade existe nas vizinhanças de Belém [...] O alívio dessa dificuldade, nos foi dado pelo auxílio da experiência dos mateiros. Esses homens, apesar de não serem letrados, tinham um critério para identificar as árvores que deixou os autores impressionados. Textura, cheiro, gosto, a cortiça, presença ou ausência de látex, fibras e outras características secundárias como folhagens, flores e frutos. Os nomes comuns das árvores usualmente usados pelos mateiros, geralmente coincidiam com as espécies reconhecidas pelos botânicos. (Black, Dobzhansky & Pavan, 1950, pp. 414-415)

Publicações mais recentes (cerca de 37 anos depois) sobre a florística tropical ainda se reportam às dificuldades encontradas nesse tipo de estudo conforme se pode observar no texto abaixo que faz parte de um artigo de autoria do botânico Hermógenes de Freitas Leitão Filho:

O estudo florístico da floresta Amazônica representa uma tarefa imensa, que nos dias de hoje está ainda escassamente tateada. Alguns problemas são muito complexos nesta fisionomia de vegetação: a extensão territorial,

a diversidade florística, o acesso às áreas de amostragem, a altura das árvores e a dificuldade de coleta, a enorme sinonímia vulgar existente, a escassez de taxonomistas e as dificuldades de preparo do material botânico são os principais óbices para um entendimento mais global da floresta de Terra Firme da Amazônia. (Leitão Filho, 1987, p. 42)

A pesquisa sobre florística desenvolvida por Black, Dobzhansky e Pavan em 1950, não teve como foco apenas a floresta de Terra Firme. Eles também investigaram a floresta de Igapó, ficando evidente o grau de dificuldade da pesquisa em questão. O artigo dos três autores publicado em um conceituado periódico especializado (*The Botanical Gazette*) foi utilizado como referência por botânicos respeitados, como Leitão Filho (1987, p. 43). Este tipo de estudo, que certamente demandou tempo e energia, não tinha ligação direta com os principais objetivos do projeto.

Além do artigo acima mencionado, um outro, também de autoria de Dobzhansky sobre a evolução nos Trópicos, publicado no mesmo ano no periódico *American Scientist*, também chamou nossa atenção. Neste segundo, Dobzhansky utilizou alguns dados de pesquisas variadas feitas por alguns autores sobre regiões temperadas procurando fazer uma comparação entre a diversidade de regiões tropicais com temperadas. Ele considerou para isso o número de espécies de pássaros (Ernest Mayr), número de espécies de cobras (Charles Mitchill Bogert), polimorfismo cromossômico em *Drosophila* (estudos feitos por ele e os brasileiros, principalmente com Antonio Brito da Cunha) e, a pesquisa sobre diversidade de espécies de árvores na Amazônia (Black, Dobzhansky & Pavan, 1950). Mesmo com todas as dificuldades e os vários objetivos que o grupo tinha em 1948-49, a atitude de Dobzhansky confirmou a afirmação que lhe é atribuída: “um mês sem um artigo enviado para publicação é um mês perdido” (Provine, *apud* Araújo, 1998, p. 50).

Encontramos ainda mais duas publicações sobre botânica de Dobzhansky e outros autores (Pires, Black & Dobzhansky, 1953 e Pires & Dobzhansky, 1954). Além do assunto tratado não ter relação direta com os objetivos do projeto, os parceiros de Dobzhansky nas duas publicações citadas não faziam parte do grupo que estudava genética de populações naturais com *Drosophila*.

Acreditamos que a atitude de Dobzhansky ao se envolver com outros assuntos que não tinham relação direta com o objeto de estudo do Projeto, bem como com outros parceiros tenha sido um dos fatores que contribuíram para o rompimento deste com os brasileiros e, que este tipo de atitude possa ter iniciado um desgaste desde a segunda visita em 1948-49. Além

disso, que esta atitude tenha contribuído para o comprometimento dos resultados do Projeto em suas últimas fases.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo bibliométrico ofereceu uma idéia da contribuição de Dobzhansky durante o período de 1943 e 1960 para o desenvolvimento da genética de populações em *Drosophila* no Brasil a partir de sua interação com os membros do grupo de Dreyfus. O exame das obras levantadas, por outro lado, propiciou o esclarecimento de alguns aspectos relevantes. O levantamento realizado indicou que antes de 1943 nenhuma pessoa do grupo publicava sobre o assunto. Mostrou também que a primeira e segunda visitas de Dobzhansky tiveram um resultado mais significativo, produzindo um grande número de publicações. Além disso, indicou que entre a segunda e a quarta visitas houve um decréscimo em relação ao número de publicações, o que sugere a existência de problemas, que merecem ser investigados mais cuidadosamente. Alguns deles foram apontados neste artigo. Indicou que alguns membros do grupo pararam de publicar sobre o assunto em determinados períodos. Procurando investigar as causas que levaram a isso, confirmamos que eles haviam mudado sua linha de pesquisa passando a se dedicar a outros assuntos. Por outro lado, mostrou que a partir de um dado momento o geneticista ucraniano parou de publicar com os brasileiros sobre o assunto, o que merece uma análise mais detalhada.

6 AGRADECIMENTOS

O autor agradece o apoio da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo que possibilitou a realização desta pesquisa e à professora Lilian Al-Chueyr Pereira Martins por suas críticas e sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Aldo Mellender. A influência de Theodosius Dobzhansky no desenvolvimento da Genética no Brasil. *Episteme* **3** (7): 43-54, 1998.
- _____. Spreading the evolutionary synthesis: Theodosius Dobzhansky and Genetics in Brazil. *Genetics and Molecular Biology* **27** (2): 467-475, 2004.
- _____. Síntese evolutiva, constrição, ou redução de teorias: há espaço para outros enfoques? Pp. 21-39, *in*: PRESTES, Maria Elice Brzezinsky; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; STEFANO, Waldir (eds.). *Filoso-*

- fia e História da Biologia 1*. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa (MackPesquisa), 2006.
- BARROS, Rosina de. Aberrações cromossômicas em *Drosophila mercatorum pararepleta*. I. Aneuplóides espontâneos. *Revista Brasileira de Biologia* **9** (3): 365-376, 1949 (a).
- . Aberrações cromossômicas em *Drosophila mercatorum pararepleta*. II. Uma longa duplicação espontânea adjacente e invertida. *Revista Brasileira de Biologia* **9** (4): 463-466, 1949 (b).
- . Um caso de alteração na proporção entre os sexos, em *Drosophila mercatorum pararepleta*. *Ciência e Cultura* **1** (3): 107-110, 1949 (c).
- . A new species of the genus *Drosophila*, with discussion about speciation in the *mercatorum* sub-group. *Revista Brasileira de Biologia* **10** (3): 265-278, 1950.
- BLACK, George Alexander; DOBZHANSKY, Theodozius; PAVAN, Crodowaldo. Some attempts to estimate species diversity and population density of trees in Amazonian forests. *Botanical Gazette* **3**: 413-425, 1950.
- BREUER, Marta Erps; PAVAN, Crodowaldo. Genitália masculina de *Drosophila* (Diptera) do grupo *annulimana*. *Revista Brasileira de Biologia* **10** (4): 469-488, 1950.
- . Gens na diferenciação. *Ciência e Cultura* **4** (3-4): 115, 1952.
- . Genitália masculina de *Drosophila* (Diptera) do grupo *dreyfusi*. *Revista Brasileira de Biologia* **14** (4) 465-475, 1954.
- BRITO DA CUNHA, Antonio. Polymorphism in natural populations of a species of *Drosophila*. *Heredity* **37** (8): 253-257, 1946.
- . Genetic analysis of the polymorphism of color pattern in *Drosophila polymorpha*. *Evolution* **3** (3): 239-251, 1949.
- . Modificação dos valores adaptativos de tipos cromossômicos de *Drosophila pseudoobscura* por fatores de nutrição. *Ciência e Cultura* **3** (4): 283, 1951(a).
- . Contribuição ao estudo do polimorfismo. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Biologia Geral* **131** (9): 1-58, 1951 (b).
- . Modification of the adaptive values of chromosomal types in *Drosophila pseudoobscura* by nutritional variables. *Evolution* **5** (4): 395-404, 1951 (c).
- . Estudo sobre o polimorfismo cromossômico adaptativo em *Drosophila willistoni*. *Ciência e Cultura* **5** (4): 220, 1953 (a).

- . Inversões cromossômicas com efeitos limitados ao sexo. *Ciência e Cultura* **5** (4): 222, 1953 (b).
- . A further analysis of the polymorphism of *Drosophila polymorpha*. *Nature* **171**: 887, 1953 (c).
- . Chromosomal inversions with sex-limited effects. *Nature* **172**: 815-816, 1953 (d).
- . Inversões cromossômicas com efeitos limitados ao sexo. *Revista Brasileira de Química* **36** (219): 146, 1954.
- . A evolução biológica I: provas e evidências da evolução. *Anhembi* **18** (52): 44-57, 1955 (a).
- . A evolução biológica II: provas e evidências da evolução. *Anhembi* **18** (53): 256-277, 1955 (b).
- . A evolução biológica III: provas e evidências da evolução. *Anhembi* **18** (54): 468-486, 1955 (c).
- . Chromosomal polymorphism in the Diptera. *Advances in Genetics* **7**: 93-138, 1955 (d).
- . Sobre duas raças de *Drosophila neocardini* Streisinger (Drosophilidae, Díptera). *Revista Brasileira de Biologia* **15** (1): 117-125, 1955 (e).
- . Adaptation of carriers of different chromosomal types in *Drosophila willistoni* to a variety of environments. *Revista Brasileira de Biologia* **16**: 263-272, 1956 (a).
- . Differential viability favoring inversion heterozygotes in *Drosophila willistoni*. *Evolution* **10** (3): 231-234, 1956 (b).
- . Contribuição ao estudo da adaptação das populações de *Drosophila* (Díptera) a diferentes levedos. *Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Biologia Geral* **220** (10): 1-60, 1957.
- . Chromosomal variation and adaptation in insects. *Annual Review of Entomology* **5**: 85-110, 1960.
- BRITO DA CUNHA, Antonio; BURLA, Hans; DOBZHANSKY, Theodosius. Adaptive chromosomal polymorphism in *Drosophila willistoni*. *Evolution* **4** (3): 212-235, 1950.
- BRITO DA CUNHA, Antonio; BRNCIC, Danco; SALZANO, Francisco Mauro. A comparative study of chromosomal polymorphism in certain South-American species of *Drosophila*. *Heredity* **7** (2): 193-202, 1953.
- BRITO DA CUNHA, Antonio; DOBZHANSKY, Theodosius; SOKOLOFF, A. On food preferences of sympatric species of *Drosophila*. *Evolution* **5**: 97-101, 1951.
- BRITO DA CUNHA, Antonio; DOBZHANSKY, Theodosius. A further study of chromosomal polymorphism in *Drosophila willistoni* in relation

- to the environment. *Evolution* **8**: 119-134, 1954.
- BRITO DA CUNHA, Antonio; KERR, Warwick Estevam. A genetical hypothesis to explain sex-determination by arrhenotokous parthenogenesis. *Forma et Functio* **1**: 33-36, 1956.
- BRITO DA CUNHA, Antonio; EL-TABEY, Sheata; OLIVEIRA, W. A study of the diets and nutritional preferences of tropical species of *Drosophila*. *Ecology* **38** (1): 98-106, 1957.
- BRITO DA CUNHA, Antonio; PAVLOVSKY, Olga; SPASSKY, Boris. Genetics of natural populations. XXVIII supplementary data on the chromosomal polymorphism in *Drosophila willistoni* in its relation to the environment. *Evolution* **13**: 389-404, 1959.
- BRITO DA CUNHA, Antonio; TOLEDO, Jeanette. S. de; PAVAN, Crodowaldo; SOUZA, H. L. de; MELARA, Herminione Elly; GABRUSEWYCZ, Natalia; GAMA, M. R.; CAMARGO, Maria Luiza Pires; MELLO, Lais Cardoso de. A comparative analysis of the effects of natural and of radiation-induced lethal in heterozygous individuals and their frequencies in natural populations of *Drosophila willistoni*. *Progress in Nuclear Energy. Series VI. Biological Sciences* **2**: 359-363, 1959.
- BURLA, Hans; BRITO DA CUNHA, Antonio; CORDEIRO, Antonio Rodrigues; DOBZHANSKY, Theodosius; MALOGOLOWKIN, Chana; PAVAN, Crodowaldo. The Willistoni group of sibling species of *Drosophila*. *Evolution* **3** (4): 300-314, 1949.
- BURLA, Hans; BRITO DA CUNHA, Antonio; CAVALCANTI, Antonio Geraldo Lagden; DOBZHANSKY, Theodosius; PAVAN, Crodowaldo. Population density and dispersal rates in Brazilian *Drosophila willistoni*. *Ecology* **31** (3): 393-404, 1950.
- BURLA, Hans; PAVAN, Crodowaldo. The *calloptera* group of species. *Revista Brasileira de Biologia* **13** (4) 291-314, 1953.
- CORDEIRO, Antonio Rodrigues. Experiments on the effects in heterozygous condition of second chromosomes from natural populations of *Drosophila willistoni*. *Proceedings of the Natural Academy of Sciences* **38**: 471-478, 1952.
- CORDEIRO, Antonio Rodrigues; Dobzhansky, Theodosius. Combining ability of certain chromosomes in *Drosophila willistoni* and invalidation of the "wild-type" concept. *The American Naturalist* **88** (839): 75-86, 1954.
- CORDEIRO, Antonio Rodrigues; SAWAYA, Paulo. *Viabilidade de heterozigotos e dinâmica de populações naturais de Drosophila willistoni sturtevant*. São Paulo, 1953. Tese (Doutorado em Genética) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

- DOBZHANSKY, Theodosius. *Mecanismo da evolução e origem das espécies (conferências)*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1944.
- . Evolution in the Tropics. *American Scientist* **38**: 209-221, 1950.
- DOBZHANSKY, Theodosius; BRITO DA CUNHA, Antonio. Diferenciação nas preferências de nutrição nas espécies de *Drosophila*. *Ciência e Cultura* **5**: (4): 221, 1953.
- . Diferenciação nas preferências de nutrição nas espécies brasileiras de *Drosophila*. *Revista Brasileira de Química* **36** (219): 144, 1954.
- . Differentiation of nutritional preferences in Brazilian species of *Drosophila*. *Ecology* **36** (1): 34-39, 1955.
- DOBZHANSKY, Theodosius; BURLA, Hans; BRITO DA CUNHA, Antonio. A comparative study of chromosomal polymorphism in sibling species of the *Willistoni* group of *Drosophila*. *The American Naturalist* **84** (817): 229-246, 1950.
- DOBZHANSKY, Theodosius; PAVAN, Crodowaldo. Chromosome complements of some South-Brazilian species of *Drosophila*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **29** (11): 368-375, 1943 (a).
- . Studies on Brazilian species of *Drosophila*. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Biologia Geral* **36** (4): 7-72, 1943 (b).
- . Local and seasonal variations in frequencies of species of *Drosophila* in Brazil. *The Journal of Animal Ecology* **19**: 1-14, 1950
- DOBZHANSKY, Theodosius; DREYFUS, André. Chromosomal aberrations in Brazilian *Drosophila ananassae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **29** (10): 301-305, 1943.
- DREYFUS, André. Analysis of sexual isolation between *Drosophila paranaensis* and *D. Pararepleta*. *Proceedings of the Eighth International Congress of Genetics, Supplement Hereditas* 564-565, 1951.
- DREYFUS, André; BARROS, Rosina. Mutations chromosomiques chez les hybrides de *Drosophila mercatorum pararepleta* × *D. paranaensis*. *São Paulo Médico* **1**: 11-18, 1948.
- . Sex-ratio chez certains hybrides interspécifiques de *Drosophila* et son interprétation par l'analyse des chromosomes salivaires. *Symposium sui fattori ecologici e genetici della speciazione negli animali. La Ricerca Scientifica* (Suppl.) 94-104, 1949.
- DREYFUS, André; NONATO, Edmundo Ferraz; BREUR, Marta Erps; PAVAN, Crodowaldo. Chromosomas politênicos em vários órgãos de *Rhynchosciara angelae* Nonato & Pavan (Díptera). *Revista Brasileira de Biologia* **11** (4): 439-450, 1951.

- FORD, Edmund Brisco. Theodosius Grigorievich Dobzhansky. 25 January 1900 – 18 December 1975. *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, **23**: 58-89, 1977.
- FREIRE-MAIA, Newton. Sobre os cromossomos de *Drosophila montium*. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Biologia Geral* **86** (7): 3-19, 1947.
- . Balanced polymorphism in *Drosophila montium*. *Evolution* **3**: 98, 1949.
- . Eugenia e genética de populações. *Cultus* **1** (1): 1-9, 1950.
- FREIRE-MAIA, Newton; PAVAN, Crodowaldo. Introdução ao estudo da *Drosophila*. *Revista Cultus* **1** (5): 3-61, 1949.
- LEITÃO FILHO, Hermógenes Freitas. Considerações sobre a florística de florestas tropicais do Brasil. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*⁵ (35): 41-46, 1987.
- MAGALHÃES, Luiz Edmundo de. Description of four new species of the *saltans* group of *Drosophila* (Diptera). *Revista Brasileira de Biologia* **16** (3): 273-280, 1956.
- MAGALHÃES, Luiz Edmundo de; BJÖRNBERG, Alfredo José Simon. Estudo da genitália masculina de *Drosophila* (Díptera) do grupo *saltans* (Díptera). *Revista Brasileira de Biologia*, **17** (4): 435-450, 1957.
- NONATO, Edmundo Ferraz; PAVAN, Crodowaldo. A new of *Rhynchosciara rubsaamen*, 1894 (Díptera, *mycetophilidae*). *Revista Brasileira de Biologia* **11** (4): 435-437, 1951.
- PATERSON, John Thomas; Pavan, Crodowaldo. *Drosophila fulvimacula flavorepleta* subsp. nov. In: PATTERSON John Thomas (ed.). *A pair of allopatric subspecies belonging to the repleta species group*. *University of Texas Publication* **5204**: 114-128, 1952.
- PAVAN, Crodowaldo. Chromosomal variations in *Drosophila nebulosa*. *Genetics* **31**: 546-557, 1946 (a).
- . Two types of heterochromatin in *Drosophila nebulosa*. *Proceedings of the National Academy of Science USA* **32** (5) 137-145, 1946 (b).
- . Variação cromossômica em *Drosophila nebulosa*. *Gazeta Clínica* **45** (3 e 4): 84-85, 1947.
- . A variabilidade genética e sua importância na evolução. *Ciência e Cultura* **2** (3): 170-183, 1950 (a).
- . Espécies brasileiras de *Drosophila* II. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Biologia Geral* **111**

⁵ Posteriormente o periódico mudou seu nome para *Scientia Florestalis*.

- (8): 1-37, 1950 (b).
- . Conceito moderno de seleção natural. *Ciência e Cultura* **3**: 114-115, 1951 (a).
- . *Alelismo de letais no segundo cromossoma de Drosophila willistoni*. São Paulo, 1951. Dissertação (Mestrado em genética) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo (b).
- . *Relações entre populações naturais de Drosophila e o meio ambiente*. São Paulo, 1952. Tese (Doutorado de Provimento de Cátedra) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade São Paulo.
- . Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. *Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP. Biologia geral* **221** (111): 1-81, 1959.
- PAVAN, Crodowaldo; BREUER, Marta Erps. Two new species of *Drosophila* (Diptera) of the *dreyfusi* group (Diptera). *Revista Brasileira de Biologia* **14** (4): 459-463, 1954.
- PAVAN, Crodowaldo; BRITO DA CUNHA, Antonio. Espécies brasileiras de *Drosophila*. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Biologia Geral* **86** (7): 20-64, 1947.
- . Heterosis and elimination of weak homozygotes in natural populations of three related species of *Drosophila*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **43** (2) 226-234, 1957.
- . Theodosius Dobzhansky and the development of Genetics in Brazil. *Genetics and Molecular Biology* **26** (3): 387-395, 2003.
- PAVAN, Crodowaldo; BRITO DA CUNHA, Antonio; TOLEDO, Jeanette S.; SOUZA, H. M. L.; CAMARGO, Maria Luiza Pires de; MELLO, Lais Cardoso de; GABRUSEWYCZ, Natalia; MELARA, Herminioni Elly; GAMA, R. Análise comparativa dos efeitos de gens letais naturais e de gens letais recém-induzidos por irradiação em indivíduos heterozigotos e da frequência dos gens letais em populações naturais de *Drosophila willistoni*. *Ciência e Cultura* **10** (4): 206-208, 1958.
- PAVAN, Crodowaldo; CORDEIRO, Antonio Rodrigues; DOBZHANSKY, Natasha; DOBZHANSKY, Theodosius; MALOGOLOWKIN, Chana; SPASSKY, Boris; WEDEL, Marta. Concealed genic variability in Brazilian populations of *Drosophila willistoni*. *Genetics* **36**: 13-30, 1951.
- PAVAN, Crodowaldo; DOBZHANSKY, Theodosius; BURLA, Hans. Diurnal behavior of some neotropical species of *Drosophila*. *Ecology* **31** (1): 36-43, 1950.

- PAVAN, Crodowaldo; KNAPP, Elisado Nascimento Pereira. The genetic population structure of Brazilian *Drosophila willistoni*. *Evolution* **8** (4): 303-313, 1954.
- PAVAN, Crodowaldo; NACRUR, Juan. Duas novas espécies de *Drosophila* (Diptera) do grupo *annulimana*. *Dusenía* **1** (5): 263-274, 1950.
- PESSOA, Osvaldo Frota. A revision of the genus *Neotanygastrella duda* (Diptera, *Drosophilidae*). *Revista Brasileira de Biologia* **11** (2): 145-151, 1951.
- . *Bunostoma brasiliensis* (*Drosophilidae* – Diptera). *Summa Brasiliensis Biologiae* **1** (11): 175-179, 1946.
- . *Drosophila* (*Hirtodrosophila*) *magnarcus* (Diptera, *Drosophilidae*). *Revista Brasileira de Biologia* **11** (4): 407-411, 1951.
- SALZANO, Francisco Mauro. Chromosomal polymorphism in two species of the Guarani group of *Drosophila*. *Chromosoma* **7**: 39-50, 1955.
- SALZANO, Francisco Mauro; PAVAN, Crodowaldo. *Problema de espécies crípticas: Estudos ao subgrupo bocainensis de Drosophila*. São Paulo, 1955. Tese (Doutorado em Genética), Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo.
- SMOCOVTIS, Vassiliki B. *Unifying biology. The evolutionary synthesis and evolutionary biology*. Princeton: Princeton University Press, 1966.

Wallace e a origem do homem: suas concepções e as interpretações historiográficas

Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira*
Viviane Arruda do Carmo**

1 OBJETIVOS

Neste trabalho procuramos mostrar as várias manifestações do naturalista Alfred Russel Wallace acerca das origens do homem durante a sua carreira. Discutimos o impacto gerado pelas suas considerações sobre o assunto entre 1869 e 1870, e a atitude das pessoas do seu meio profissional em relação ao espiritualismo, visto que este tema polêmico estava intrinsecamente relacionado àquelas considerações. Essas questões são fundamentais para analisarmos criticamente alguns aspectos do trabalho historiográfico produzido por Malcolm Kottler.

2 AS CONCEPÇÕES DE WALLACE SOBRE A ORIGEM DO HOMEM

Alfred Russel Wallace (1823-1913) e Charles Darwin (1809-1882) chegaram independentemente ao princípio da seleção natural e comunicaram seus resultados à *Linnean Society* de Londres em 1858. Inicialmente, suas teorias da evolução eram bastante similares, segundo apontam alguns estudos (ver Carmo, 2006). No entanto, podemos dizer que durante o prosseguimento de suas carreiras as idéias apresentadas pelos dois naturalistas nem sempre foram convergentes. No que diz respeito especificamente aos

* Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Endereço para correspondência: Rua Dona Ana de Barros, 173. São Paulo, SP. CEP 02423-020. E-mail: juliana_hidalgo@yahoo.com

** Doutoranda da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Correspondência: Ruas Andes, 763. São Paulo, SP. CEP 08440-180. E-mail: arrudadocarmo@ig.com.br

limites da aplicabilidade da seleção natural ao homem, a questão não se resumiu a uma simples e normal diferença de idéias¹.

2.1 A origem do homem segundo Wallace, em 1864

Em 1858, quando apresentou o seu famoso ensaio “On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type”, descrevendo o que seria o princípio da seleção natural (sem utilizar esta expressão), Wallace não tratou especificamente do homem. O assunto veio à tona em 1864, quando ele apresentou, num encontro da *Anthropological Society of London*, o trabalho intitulado “The origin of human races and the antiquity of man deduced from the theory of ‘natural selection’”.



Figura 1. Alfred Russel Wallace, fotografado em 1862, aos 39 anos de idade.

¹ Uma comparação detalhada das concepções evolutivas de Darwin no *Origin of species* e de Wallace em *Darwinism* foi realizada por Viviane do Carmo, co-autora do presente trabalho. Ver bibliografia.

Para o naturalista, provavelmente no Mioceno, a natureza intelectual e moral da mente humana passou a proteger o corpo da seleção natural, pondo fim às suas mudanças estruturais. Diante de variações climáticas, enquanto os animais necessitavam de uma camada maior de gordura no corpo para sobreviverem, o homem se valia de roupas ou cobertas quentes. Alterações na disponibilidade de alimentos geravam mudanças nos dentes, garras e estruturas internas digestivas dos animais. No caso do homem, a manipulação do fogo tornava palatável um número maior de alimentos, enquanto a agricultura e a domesticação de animais tornavam-no cada vez menos sujeito a flutuações na disponibilidade de alimentos.

Segundo Wallace, a partir daquele momento, a seleção natural mudou seu foco de atuação do corpo para a natureza moral e intelectual. Ligeiras alterações mentais e morais que o capacitavam a reagir melhor às condições adversas e a se unir aos outros de sua espécie para conforto e proteção mútua deveriam ser preservadas e acumuladas.

É interessante notar que, neste trabalho de 1864, não havia referência a que mecanismo teria atuado no intelecto até levá-lo ao estágio de desenvolvimento em que passou a proteger o corpo da ação da seleção natural.

Ao se referir a essa questão, no artigo “Alfred Russel Wallace, the origin of man and spiritualism”, o historiador Malcolm Kottler comentou que Wallace, naquele trabalho, não havia se preocupado em analisar como o intelecto humano teria evoluído até atingir aquele determinado estado. Para Kottler, no entanto, como nas discussões que se seguiram à apresentação desse trabalho, Wallace teria afirmado que os animais também eram dotados de intelecto²; isso significava que ele procurava em ancestrais não-humanos a origem para o desenvolvimento moral e intelectual do ser humano através da seleção natural (Kottler, 1974, pp. 148-9)³.

Nesse caso, tomando-se por base a interpretação de Kottler, poder-se-ia dizer que, em 1864, Wallace considerava que a seleção natural explicava *todos* os aspectos do desenvolvimento físico, intelectual e moral do homem. Por outro lado, deve-se registrar que, alguns trechos do artigo de 1864, não

² A discussão que se seguiu à apresentação do trabalho foi transcrita para a versão publicada pelo *Journal da Anthropological Society of London*.

³ Sobre essa interpretação, no entanto, deve-se fazer uma ressalva. Anos depois, no livro *Darwinism*, Wallace registrou essa continuidade do intelecto, mas isso não impediu que ele, ao mesmo tempo, sustentasse a idéia de que nem todo o desenvolvimento intelectual e moral humano podia ser explicado pela seleção natural. Discutiremos isso mais adiante.

mencionados por Kottler, podem sugerir que o processo atuante no intelecto até aquele estágio não havia sido a seleção natural:

Segue, então, que aquelas peculiaridades notáveis e constantes que marcam as grandes divisões da humanidade não poderiam ter sido produzidas e se tornado permanentes depois que a ação deste poder [da seleção natural] **tornou-se transferido** das variações físicas para as mentais [...]. Mas enquanto essas mudanças estiveram ocorrendo, o seu desenvolvimento mental correspondentemente avançou, e atingiu aquela condição na qual começou a influenciar fortemente toda a sua existência, e **então se tornaria** sujeito à irresistível ação da “seleção natural”. (Wallace, 1864, p. clxvi; sem ênfases no original)

Deixando de lado a dificuldade de interpretar essa questão, pode-se dizer *ao menos* que, nesse trabalho, Wallace *não* se manifestou explicitamente de maneira desfavorável ao ponto de vista de que *todos* os aspectos do desenvolvimento físico, intelectual e moral do homem podiam ser explicados pela seleção natural. Não muito tempo depois, no entanto, passou a questionar abertamente a auto-suficiência da seleção natural para explicar a origem do homem.

2.2 Wallace sobre a origem do homem, 1869/1870

Ao publicar na *London Quarterly Review* um comentário crítico sobre reedições de trabalhos de Charles Lyell (*Principles of geology* e *Elements of geology*), em 1869, Wallace argumentou que a seleção natural era incapaz de explicar certos fatos em raças humanas pré-históricas e selvagens. A inutilidade de certas características observadas nesses indivíduos mostrava que a seleção natural era inadequada para explicá-las. Para ele, inteligências superiores guiavam com nobres propósitos o desenvolvimento humano.

Um ano depois, Wallace tratou essa questão de modo aprofundado ao publicar um conjunto de ensaios intitulado *Contributions to the theory of natural selection*. Ao traçar o objetivo do ensaio “The limits of natural selection as applied to man”, o naturalista afirmou:

Não considero que toda a natureza possa ser explicada com base nos princípios dos quais sou um defensor tão ardoroso; e agora eu mesmo vou levantar objeções e colocar limites ao poder da “seleção natural”. [...] podemos traçar a ação de alguma lei desconhecida, independente e além de todas aquelas leis das quais temos conhecimento. Podemos traçar esta ação mais ou menos distintamente em muitos fenômenos, dos quais os dois mais importantes são a origem da sensação e da consciência e o desenvolvimento do homem a partir dos animais inferiores. (Wallace, 1870, p. 333)



Figura 2. Alfred Russel Wallace, fotografado na década de 1870.

No ensaio, Wallace argumentou que algumas características que se desenvolveram no homem pré-histórico e nos selvagens seriam inúteis ou mesmo prejudiciais aos indivíduos nessas condições. Não poderiam, portanto, ter sido desenvolvidas pela seleção natural. A falta de pêlos levava o homem a recorrer a proteções contra o frio. Haveria grande discrepância entre as reais necessidades dos selvagens e homens pré-históricos e o potencial e tamanho dos seus cérebros. Também a forma peculiar de mãos e pés, capazes de realizar tarefas sofisticadas, e a presença de algumas faculdades mentais sem valor prático para esses indivíduos, seriam características inexplicáveis pela seleção natural em vista de sua inutilidade quando surgiram. Haveria qualidades latentes nos indivíduos selvagens, como habilidades musicais notáveis, que se revelavam quando estes eram expostos a circunstâncias favoráveis à sua manifestação.

Para Wallace, certas inteligências externas atuavam no desenvolvimento humano, analogamente ao modo como o homem agia na seleção artificial de plantas e animais, numa direção definida e com um propósito especial. Essas inteligências seriam responsáveis por antecipar necessidades futuras (Wallace, 1870, p. 359).

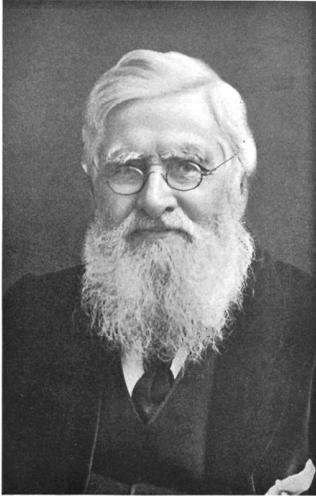
2.3 A origem do homem na obra *Darwinism* (1889)

No capítulo intitulado “Darwinism applied to man” da obra *Darwinism*, publicada inicialmente em 1889, Wallace voltou a se manifestar acerca da origem do homem.

Citando trechos da obra *Descent of man*, de Darwin, Wallace demonstrou estreita concordância com aspectos discutidos pelo naturalista a respeito da origem das características físicas humanas. Apresentou argumentos no sentido de mostrar a existência de uma identidade geral entre a estrutura humana e a animal, e sustentar que a origem animal do ser humano era mais do que uma mera probabilidade – era algo praticamente certo (Wallace, 1890, p. 446).

É interessante notar que Wallace nada comentou a respeito de ter mudado de idéia a respeito daquelas características físicas humanas que, em 1869, havia apontado como inexplicáveis pela seleção natural. Curiosamente, nada mencionou sobre alguma característica física humana não poder ser explicada daquela maneira, embora tenha se referido a assuntos como o cérebro ao comparar homens e macacos. Parecia ter voltado atrás e reafirmado sua confiança na seleção natural como explicação para todos os aspectos físicos do homem: “o homem, em sua estrutura corporal foi derivado dos animais inferiores, dos quais ele é o desenvolvimento culminante” (Wallace, 1890, p. 454)⁴.

⁴ Segundo Malcolm Kottler, Wallace nesse trabalho havia mantido a opinião de que a seleção natural *não* explicava o desenvolvimento do cérebro humano (Kottler, 1974, p. 161). Kottler se refere ao capítulo XV dessa obra, *de modo geral*, e não ao capítulo XV de uma edição específica dessa obra. Não comenta sobre uma possível mudança de opinião do naturalista entre reedições do mesmo trabalho. Em suas referências verificamos que Kottler cita ter consultado a edição de 1889. Não dispomos dessa edição da obra *Darwinism*, e, para o presente trabalho, consultamos a edição de 1890. Ao menos nessa edição, pelo que podemos notar, o naturalista não faz qualquer observação a respeito de o cérebro humano, no sentido físico, não poder ser explicado por esse mecanismo. Aliás, alguns trechos do capítulo XV da edição que usamos parecem sugerir justamente o contrário: “[...] o poder da seleção natural deixaria de agir na produção de modificações do seu corpo, mas iria continuamente *avançar* a sua mente através do desenvolvimento do seu órgão, o cérebro” (Wallace, 1890, p. 457); “Uma grande população espalhada por uma área extensa é também necessária para fornecer um número adequado de variações cerebrais para o progressivo melhoramento humano” (Wallace, 1890, p. 458). É possível que Wallace tenha mudado de opinião de um ano para outro, mas deve-se observar que, no prefácio dessa edição de 1890, ele não comenta sobre qualquer mudança de conteúdo desse tipo. É interessante notarmos que nas discussões que se seguiram à apresentação do seu primeiro trabalho sobre o assunto, ainda em 1864, Wallace afirmou que quando dizia “mente sempre incluía o cérebro”. Como o termo “mente” é usado com frequência no referido capítulo XV da obra *Darwinism* é possível que Kottler tenha entendido que Wallace também se referia ao cérebro no sentido físico.



Alfred R. Wallace

Figura 3. Alfred Russel Wallace, na década de 1890 – época de publicação de seu livro *Darwinism*.

Ainda nessa obra, Wallace tratou da origem da natureza moral e intelectual do homem. Manteve a opinião de que a seleção natural não explicava o desenvolvimento intelectual e moral humano (Wallace, 1890, pp. 461-478).

O naturalista apresentou a hipótese de Darwin de que havia uma continuidade entre os animais e o homem no que dizia respeito à natureza moral e intelectual. Nos animais havia indícios de rudimentos intelectuais e morais. A posição intermediária entre homem e animais parecia ser ocupada pelos selvagens. Wallace apontou, no entanto, que a existência de continuidade não significava necessariamente que *todo* o desenvolvimento intelectual e moral a partir dos seres inferiores havia se dado pela seleção natural, isto é, *exclusivamente* pelo mesmo processo responsável pelo desenvolvimento físico.

Segundo Wallace, no caso do desenvolvimento das faculdades intelectuais e morais humanas uma nova causa havia agido. O naturalista ofereceu evidências de que a seleção natural era inadequada para explicar certas habilidades intelectuais humanas. Uma característica desenvolvida pela seleção natural teria como atributo estar mais ou menos presente em todos os indivíduos da mesma espécie, e de maneira razoavelmente uniforme. O mesmo não se poderia notar a respeito das qualidades intelectuais, que

variariam muito de indivíduo para indivíduo. Pouquíssimos seres humanos seriam, por exemplo, efetivamente dotados de talento para a matemática ou a música, e, esses indivíduos, se comparados à população normal, exibiriam essas qualidades de maneira extraordinariamente superior. Tais características peculiares dessas faculdades, segundo Wallace, mostravam que elas não eram produzidas pelo mecanismo de seleção natural, mas sim por alguma causa extra.

Wallace propôs, para explicar a natureza intelectual e moral do homem, a existência dentro dele de uma essência espiritual capaz de se desenvolver progressivamente. Como se nota na obra *Darwinism*, para ele, o propósito do mundo seria o desenvolvimento do espírito humano em associação com o corpo. Havia um mundo invisível, o mundo dos espíritos.

3 AS ATITUDES EM RELAÇÃO AO ESPIRITUALISMO E AOS COMENTÁRIOS DE WALLACE SOBRE O HOMEM ENTRE 1869 E 1870

Durante a década de 1860, Charles Darwin costumava elogiar os escritos de Wallace em suas correspondências. Darwin, entretanto, manifestou duras críticas às concepções sobre o homem apresentadas por Wallace entre 1869 e 1870:

Se você não me tivesse avisado, acharia que essas idéias teriam partido de outra pessoa. Como você já esperava, discordo profundamente de suas idéias, e lamento muito por isso. (Darwin para Wallace, 14/4/1869. Reproduzida em Marchant, 1916, vol. 1, pp. 242-3)

Mas lamento sobre o homem – você escreve como um naturalista que passou por uma metamorfose (na direção retrógrada). Justo você, o autor do melhor artigo que já apareceu na *Anthropological Review*! Ai! Ai! Ai! Seu pobre amigo. (Darwin para Wallace, 26/1/[1870]. Reproduzida em Marchant, 1916, vol. 1, p. 251)⁵

⁵ Em correspondências, os dois naturalistas costumavam, na época, discutir sobre a origem do homem. Em particular, debatiam acerca da possibilidade apontada por Wallace de que a seleção natural seria insuficiente para explicá-la. Em abril de 1869, por exemplo, Darwin comentou sobre o fato de diferirem tão drasticamente em relação ao homem, e afirmou que não considerava necessária uma causa adicional e imediata para explicar a sua origem (Carta 6706 – Darwin para Wallace, 14/4/1869. *The British Library*, Add 46434. *The Darwin Papers* 96: 71-2, *Manuscripts Room, Cambridge University Library*. Reproduzida em Marchant, 1916,

Os comentários de Darwin eram muito mais do que desencorajadores. Ele, aliás, não foi o único a reagir daquela maneira. Alguns autores, como o naturalista suíço Édouard Claparède (1832-1871), procuraram rebater de maneira enfática os argumentos apresentados por Wallace para sustentar a insuficiência da seleção natural como explicação para certos aspectos do homem⁶.

Essas críticas não foram consideradas infundadas e tiveram certa repercussão. Respondendo à indagação do botânico Joseph Hooker (1817-1911) sobre se mereciam ser traduzidas para o inglês, Darwin comentou que as considerava pertinentes e deveriam ser publicadas como resposta a Wallace⁷. Ainda na mesma correspondência, datada de julho de 1870, Darwin acrescentou que o naturalista Henry Bates (1825-1892) considerava que as “idéias heterodoxas de Wallace [sobre o homem] causavam danos à causa da evolução”. Bates era amigo pessoal de Wallace e havia participado com ele da expedição ao Amazonas.

Várias pessoas influentes reagiram de modo negativo a essas propostas de Wallace. As discussões, no entanto, não se restringiram ao âmbito da História Natural, nem se caracterizaram como um embate meramente acadêmico. Essas idéias geraram polêmica. Foram recebidas por alguns como motivo de deboche tendo em vista especialmente a ligação pessoal do cientista com o espiritualismo.

Havia alguns agravantes nesse caso. Na época, o fato de um pesquisador, como Wallace, se manifestar publicamente a favor da autenticidade dos fenômenos espiritualistas já era motivo de polêmica. Nota-se que, sob esse ponto de vista, ele procurava trazer os fenômenos espiritualistas para o domínio da ciência (ver Wallace, 1875, p. 205).

Ele, no entanto, não fez só isso. Sua proposta era ainda mais ousada. O naturalista endossou a explicação espiritualista para aqueles fenômenos,

Vol. 1, p. 242). Em resposta, Wallace sugeriu a existência de forças ainda desconhecidas na natureza (Carta 6703 – Wallace para Darwin, 18/4/[1869]. *The Darwin Papers* 106: B79–B80, *Manuscripts Room, Cambridge University Library*. Reproduzido em Marchant, 1916, vol. 1, p. 243).

⁶ Claparède publicou o seguinte trabalho: Remarques à propos de l'ouvrage de M. Alfred Russel Wallace sur la théorie de la sélection naturelle. *Archive des Sciences Physiques & Naturelles* 38 : 160–189, 1870, que ainda não pudemos examinar.

⁷ *Manuscripts Room, Cambridge University Library*: carta 7271 – Darwin para Hooker, [8/7/1870], *The Darwin Papers* 94: 177–8; carta 7267 – Hooker para Darwin, [5–7/7/1870], *The Darwin Papers* 103: 55–6.

inserindo-a também no domínio da ciência, e, mais ainda, usou-a como um fator complementar à seleção natural, para explicar a origem do homem do ponto de vista da História Natural. Propôs uma explicação que envolvia tanto o mecanismo de seleção natural quanto o que chamava de “hipótese espiritualista”⁸, parecendo dar às duas explicações o mesmo *status*. O espiritualismo, que atraía tanto adeptos quanto ferrenhos oponentes, considerado científico por alguns e uma mera superstição popular por outros, seria na realidade, segundo Wallace, um “notável suplemento para as doutrinas da ciência moderna” (Wallace, 1875, p. 109). Explicaria fenômenos que, para ele, a poderosa seleção natural era incapaz de explicar:

[...] esta doutrina tornará possível que expliquemos alguns daqueles fenômenos residuais que a seleção natural sozinha não irá explicar. [...] de maneira alguma é inconsistente com a aceitação total da grande doutrina da Evolução através da seleção natural, embora implique (como de fato muito dos seus principais adeptos admitem) no reconhecimento de que esta doutrina não é a toda poderosa, suficiente e única causa do desenvolvimento das formas orgânicas. (Wallace, 1875, pp. vii-viii)

Quando expôs essas idéias no livro *On miracles and modern spiritualism*, em 1875, Wallace, assim como vários outros renomados cientistas, já se interessava há algum tempo pelo espiritualismo e realizava investigações em sessões com médiuns⁹. Na época, costumava-se então relatar a ocorrência, na presença dessas pessoas, de eventos como a movimentação de objetos sem contato humano, a produção de sons variados, especialmente as batidas em mesas, e comunicações supostamente enviadas por espíritos. Esses fenômenos, conhecidos como espiritualistas, eram motivo de interesse para alguns do meio intelectual freqüentado por Wallace, como Francis Galton (1822-1911), e de aversão para outros, como Thomas Huxley (1825-1895).

⁸ Wallace alegava que a “hipótese espiritualista” deveria ser analisada como qualquer outra hipótese científica (Wallace, 1875, p. 104). Ele também se referiu ao espiritualismo usando a expressão “teoria espiritualista” ou “teoria espiritual” (Wallace, 1875, pp. 180-181 e 205).

⁹ O naturalista relatou ter presenciado pela primeira vez fenômenos espiritualistas em 1865, na casa de um amigo. Após esse episódio, passou a participar de sessões e realizar observações e testes sobre aquelas ocorrências (Wallace, 1875, pp. 125-6).

Cartas entre Galton e Darwin, por volta de 1872, demonstram que Galton havia participado de sessões espiritualistas organizadas pelo químico William Crookes e não supunha ser uma farsa o que havia presenciado¹⁰. Darwin, por sua vez, também havia participado de sessões mediúnicas. Embora admitisse não saber como explicar o que havia visto, teria achado tudo muito enfadonho, como descreveu em correspondência a Galton. Comentou: “Deus tenha pena de nós se acreditarmos em toda esta idiotice” (Darwin para Galton, 18/1/1874; reproduzida em Pearson, 1924, vol. 2, pp. 66-67). Darwin demonstrou várias vezes restrições ao espiritualismo. Ainda mais contundente nesse sentido parece ter sido a atitude de Huxley, que não via com bons olhos o convite de Wallace para juntar-se às investigações.

Vale à pena comentarmos a troca de correspondências entre Huxley e Wallace, tendo em vista demonstrarmos o quanto Wallace receava ser mal interpretado e como o assunto era visto de modo negativo por algumas pessoas importantes naquele meio profissional. Em novembro de 1866, evidenciando explicitamente o receio de que Huxley ficasse chocado e o considerasse louco, Wallace o convidou para que presenciasse aqueles estranhos fenômenos. O convite deixava transparecer a preocupação em frisar que uma possível aceitação não o comprometeria publicamente: as investigações eram informais, e a expressão “somente entre amigos” era frisada. Além disso, pode-se notar que Wallace insistia em ressaltar que seu interesse era esclarecer a questão, e não simplesmente confirmar os fenômenos. Quem pudesse mostrar onde e como eles estavam sendo enganados seria bem vindo. Nota-se, assim, que a atitude de Wallace era defensiva. Demonstrava receio de ser mal interpretado e, com muito cuidado, procurava sensibilizar seus colegas de profissão para que se interessassem pelo assunto (carta de Wallace para Huxley, 22/11/1866; reproduzida em Marchant, 1916, vol. 2, p. 187).

No caso de Huxley nada disso teria surtido efeito. Este respondeu negativamente ao convite de Wallace. Não tinha tempo para coisas que não eram do seu interesse. Em alusão ao conteúdo trivial das mensagens supostamente enviadas por espíritos durante as sessões dizia que nunca havia se interessado por fofoca, e que mesmo a fofoca de desencarnados não lhe interessava. A resposta de Huxley era ríspida e um tanto quanto ofensiva,

¹⁰ Carta 8256 – Galton para Darwin, 28/3/1872, *The Darwin Papers* 105: A46–9, *Manuscripts Room, Cambridge University Library*; reproduzida em Pearson, 1924, vol. 2, p. 62.

pois parecia sugerir que Wallace se interessava por frivolidades. Este, apesar de manter o tom polido, respondeu com uma “alfinetada”. Também não se interessava por fofocas, mas sim pela exibição de força e inteligência em situações nas quais essas duas coisas pareciam impossíveis (carta de Huxley para Wallace, nov./1866; Wallace para Huxley, 1/12/1866; reproduzida em Marchant, 1916, vol. 2, pp. 187-8). Por esses comentários vê-se o quanto o assunto exaltava os ânimos dos envolvidos.

Durante sua carreira, Wallace manifestou explicitamente ser um espiritualista convicto. Pode-se notar, no entanto, que admitir essa convicção pessoal não foi algo tão simples. A questão exigiu uma postura muitas vezes defensiva.

Coletou evidências empíricas tanto para mostrar que a seleção natural não explicava algumas características humanas quanto para sustentar a autenticidade dos fenômenos observados nas sessões espiritualistas. No prefácio do seu livro *On miracles and modern spiritualism* (1874), salientou como o seu ceticismo e materialismo foram, pouco a pouco, derrubados por fatos não explicados pela ciência, mas de cuja realidade tinha plena convicção. Naquela obra, apresentou suas evidências pessoais a favor da autenticidade de fenômenos.

Na mesma ocasião, Wallace destacou como evidências irrefutáveis a favor da existência de fenômenos espiritualistas e do espiritualismo os resultados obtidos independentemente pelos cientistas William Crookes e Robert Hare. Enfatizou ainda que, do ceticismo à aceitação, os dois haviam seguido também o mesmo caminho que ele havia empreendido, tendo em vista a força das evidências obtidas.

É interessante notarmos, assim, que Wallace visivelmente adotou uma postura de auto-preservação e procurou se apoiar nas investigações realizadas por esses cientistas. Pode-se dizer que citar aquelas investigações tinha uma dupla função. Wallace expunha evidências a favor da existência de fenômenos espiritualistas obtidas por outras pessoas consideradas capacitadas. Ao mesmo tempo, ao comentar que após investigarem o assunto haviam mudado de idéia, parecia reforçar o valor das evidências e deixava implícito que isto aconteceria com qualquer outro cientista disposto a investigá-los¹¹.

¹¹ Deve-se ressaltar, no entanto, que a atitude de Crookes em relação ao espiritualismo era bem diferente da manifestada por Wallace e Hare. As afirmações públicas de Crookes sobre o assunto giravam apenas em torno da autenticidade dos

O naturalista inglês demonstrou preocupação em justificar publicamente por que havia aceito como genuínos os fenômenos espiritualistas e, mais do que isso, por que havia aderido à explicação espiritualista para esses fenômenos.

Como indiquei anteriormente, tendo sido levado a acreditar por uma estrita indução baseada em fatos – primeiramente, na existência de inteligências pré-humanas de vários graus; em segundo lugar, que essas inteligências, embora usualmente invisíveis e intangíveis para nós, podem agir e realmente agem na matéria e influenciam nossas mentes, – estou certamente seguindo um curso estritamente lógico e científico ao perceber como esta doutrina tornará possível que expliquemos alguns daqueles fenômenos residuais que a seleção natural sozinha não irá explicar. (Wallace, 1875, pp. vii-viii)

O discurso de Wallace frisava ainda que suas suspeitas a respeito da suficiência da seleção natural como explicação para o homem *não* haviam sido motivadas pela sua aceitação do espiritualismo. O naturalista também procurou deixar claro que espiritualismo e seleção natural *não* eram incompatíveis e que continuava aceitando aquele mecanismo evolutivo.

Como ilustra a citação anterior, Wallace, ao se referir *publicamente* às suas concepções evolutivas em relação ao homem, afirmou que *primeiramente* teria ficado insatisfeito com a capacidade da seleção natural para explicar certas características em raças humanas pré-históricas e selvagens. Segundo o naturalista, só *depois* de plenamente convicto da realidade dos fenômenos espiritualistas e da aceitação lenta e gradual da interpretação espiritualista desses fatos, teria reconhecido nessa doutrina a resposta para aqueles fenômenos residuais que a seleção natural não conseguia explicar. O espiritualismo viria então como solução de um problema anterior, não como causa para as suas suspeitas.

A aceitação do espiritualismo, portanto, *não* o teria motivado a discutir a eficácia da seleção natural. No prefácio do livro *On miracles and modern spiritualism*, Wallace, rebateu essa hipótese, segundo ele, sugerida por Anton Dohrn, em 1871. Todavia, ao fazê-lo, deixou transparecer que aquela não era uma suspeita isolada, mas sim comum a muitos cientistas na época.

fenômenos. O químico não se manifestava publicamente de modo favorável à interpretação espiritualista para aquelas ocorrências (ver Ferreira, 2004). Wallace, apesar disso, não parece ter feito qualquer esforço no sentido de deixar isso claro quando citou Crookes.

4 O TRABALHO HISTORIOGRÁFICO DE MALCOLM KOTTLER

Alguns trabalhos historiográficos questionam a veracidade dessas declarações públicas do naturalista. Malcolm Kottler, por exemplo, considera que, ao contrário do que Wallace afirmava, a explicação para as primeiras dúvidas do naturalista a respeito da seleção natural aplicada ao homem estaria mesmo em suas crenças espiritualistas (Kottler, 1974, pp. 162-3).

Kottler argumenta que o fato de essas primeiras dúvidas terem aparecido entre 1864 e 1889 indica que algo ocorrido neste período teria levado Wallace a mudar de opinião. Como justamente nesta época o naturalista teria começado a freqüentar suas primeiras sessões mediúnicas, os fatores cruciais que explicariam seus questionamentos a respeito da suficiência da seleção natural seriam a sua conversão ao espiritualismo e a percepção de que esta crença era incompatível com a sua antiga hipótese sobre o desenvolvimento do homem.

Ainda segundo Malcolm Kottler, Wallace não teria admitido isso publicamente, tendo em vista a reação negativa de seus colegas em relação ao espiritualismo e as recusas aos seus convites insistentes para participarem de sessões espiritualistas.

Embora não o tivesse admitido publicamente, segundo Kottler, Wallace teria confessado numa carta a Darwin seu real motivo para mudar de idéia a respeito da origem do homem. A carta, datada de 18 de abril de 1869, foi escrita pouco tempo após Wallace ter publicado suas novas idéias sobre o homem, e se refere a vários assuntos, entre os quais a indignação de Darwin perante aquelas suas especulações. Assim, Kottler a cita:

Minhas opiniões sobre **o assunto** foram modificadas somente pela consideração de uma série de fenômenos notáveis, físicos e mentais, que tive agora toda a oportunidade de testar, e que demonstram a existência de forças e influências ainda não reconhecidas pela ciência. Eu sei que isto irá lhe parecer alguma alucinação mental, mas posso lhe assegurar, devido a ter me comunicado pessoalmente com eles, que Robert Chambers, Dr. Norris de Birmingham, o conhecido fisiologista, e C. F. Varley, o renomado especialista em eletricidade, investigaram o assunto por anos e concordam comigo tanto em relação aos fatos quanto em relação às principais inferências que podem ser feitas a partir deles. Espero que você suspenda seu julgamento por um tempo até que nós exibamos alguns sintomas corroborativos de insanidade. (Kottler, 1974, p. 164; ênfase nossa)

De acordo com a interpretação proposta por esse autor para esta carta, Wallace admitia que suas opiniões sobre *o assunto* (que Kottler interpreta como sendo “a seleção natural ser suficiente para explicar a origem do homem”) haviam sido alteradas em função das evidências obtidas por ele em sessões espiritualistas. Wallace teria mudado de idéia a respeito da auto-suficiência da seleção natural devido à sua aceitação do espiritualismo, mas não havia admitido isso publicamente. Isto é, nesse caso, ele não teria admitido às outras pessoas, à exceção de Darwin, que o espiritualismo havia sido *causa* para que refletisse sobre o assunto “a suficiência da seleção natural para explicar o homem” e chegasse àquelas dúvidas.

Deve-se notar, no entanto, que Wallace, como já mencionamos, manifestou *explicitamente* que o espiritualismo era a *solução* para aqueles problemas, isto é, para fenômenos residuais inexplicáveis pela seleção natural. Wallace considerava que inteligências superiores guiavam o desenvolvimento humano. Mais do que isso, sustentava essa hipótese mesmo diante de uma avalanche de críticas de seus colegas de profissão, inclusive dando a ela *status* de hipótese científica e se queixando de quem não a tratava como tal. Sendo assim, devemos nos perguntar por que igualmente não atribuiria ao espiritualismo sua mudança de opinião, caso isso fosse verdade.

Se adotamos a interpretação proposta por Kottler, parece inexplicável que Wallace tenha creditado publicamente um papel tão significativo ao espiritualismo em suas idéias sobre a origem do homem. Caso ele realmente tivesse agido como Kottler descreve, ocultando o papel do espiritualismo como motivador de sua mudança de atitude, fica difícil explicar por que ele abertamente se manifestou como espiritualista e descreveu o espiritualismo como um mecanismo complementar à seleção natural. Nesse sentido, podemos questionar por que o naturalista teria preferido recorrer a argumentos relacionados à inutilidade de certas características e habilidades humanas no momento do seu aparecimento, se ele explicitamente situou o espiritualismo no mesmo patamar de qualquer outra explicação científica.

Caso a interpretação de Kottler correspondesse ao que, de fato, teria ocorrido, deveríamos esperar que outras coisas fossem ocultadas, e isso não ocorreu. Wallace parece ter ficado desapontado com a falta de interesse dos seus companheiros de profissão pelo espiritualismo. Adotou uma atitude defensiva ao convidá-los para as sessões, e empenhou-se em justificar por que havia aceito os fenômenos espiritualistas e o espiritualismo

como genuínos. Por outro lado, ele não parece ter recuado em suas propostas, nem apresentado apenas parte do que acreditava ser verdade.

Podemos ainda nos perguntar se a proposta de Kottler seria a única interpretação possível para aquela carta, e se não haveria outras possibilidades de interpretá-la. A carta a Darwin inicialmente trata de vários assuntos, e em seguida, se refere às idéias de Wallace sobre o homem então recentemente publicadas. Há algumas linhas que antecedem o trecho transcrito por Kottler para o seu artigo:

Posso quase compreender seus sentimentos em relação às minhas opiniões “não-científicas” sobre o homem, porque alguns anos atrás eu também as teria igualmente visto como selvagens e injustificáveis. Terei extremo interesse pelo que você está escrevendo sobre o homem, e darei pleno valor a qualquer explicação que possa dar sobre a sua origem. Minhas opiniões sobre **o assunto** [...] (Carta de Wallace a Darwin, 18 de abril de 1869, reproduzida em Marchant, 1916, vol. 1, p. 243-244; ênfase nossa)

Como mencionamos, Kottler interpretou “o assunto” ao qual Wallace se referia como sendo a “suficiência da seleção natural para explicar a origem do homem”. Por outro lado, não se deve descartar a possibilidade de interpretarmos que “o assunto” em questão era “a origem do homem” em si. Wallace poderia já ter dúvidas a respeito da suficiência da seleção natural para explicá-la, quando, finalmente, pôde solucioná-las tendo em vista as evidências obtidas por ele nas sessões espiritualistas. A mudança de opinião, nesse caso, seria no sentido de, num primeiro momento, não saber como explicar certos fenômenos residuais e, em seguida, passar a saber como explicá-los. Não tinha mais dúvidas a respeito. Havia encontrado no espiritualismo a resposta. Essa seria a mudança, nesse caso.

Ainda a respeito da atitude de Wallace, Malcolm Kottler citou para reforçar sua interpretação uma outra correspondência escrita pelo naturalista cerca de vinte anos após a primeira. Wallace pediu ao amigo e evolucionista Edward Poulton que revisasse seu capítulo sobre o homem a ser então publicado no livro *Darwinism*. A correspondência enviada por Wallace em agradecimento foi incluída por Poulton no obituário do naturalista.

Não irei perturbá-lo com a última página, que iria horrorizá-lo ainda mais. Sei que minhas idéias sobre o homem serão – como têm sido – criticadas. [...] *sei* que existem inteligências não-humanas – que há *mentes* desconectadas de um cérebro físico – que há, então, *um mundo espiritual*. Esta não é, para mim, uma mera *crença*, mas *conhecimento* fundamentado em continuada observação de fatos por um longo tempo – e tal conhecimento deve modi-

ficar minhas idéias a respeito da origem e da faculdade da natureza humana. (Kottler, 1974, p. 174)

Kottler citou essa carta como uma segunda ocasião em que o naturalista revelava ter mudado de idéia acerca *da suficiência da seleção natural para explicar o homem* por causa do espiritualismo. Mais uma vez, no entanto, parece admissível a hipótese de que Wallace poderia estar se referindo a ter encontrado no espiritualismo uma resposta para seus questionamentos, e nesse sentido teria uma nova opinião sobre a origem do homem. Ainda a respeito dessa carta, é relevante notar que Wallace se manifestava ciente de que seria criticado pelas idéias sobre o homem e, ao mesmo tempo, demonstrava que não se importava com isso. Mais uma vez podemos nos perguntar, portanto, por que então ele estaria mentindo em suas declarações públicas sobre a causa de suas dúvidas como Kottler propôs.

Ainda a respeito da primeira carta transcrita por Kottler, existe, ainda, a possibilidade de que Wallace estivesse se referindo ao próprio “espiritualismo” ao usar a expressão “o assunto”. Os comentários de Wallace de que havia mudado de idéia a respeito de um assunto tendo em vista o que havia observado recentemente em sessões são exatamente os que podem ser notados no livro *On miracles and modern spiritualism*. Wallace em princípio via os fenômenos e o próprio espiritualismo com muita desconfiança e ressalvas, e somente havia mudado de opinião sobre o assunto após suas investigações. A partir do que havia visto, julgava inclusive ter encontrado no espiritualismo uma explicação complementar à seleção natural no caso do homem. Sendo assim, seria normal que naquele contexto em que trata sobre a origem do homem, Wallace procurasse fundamentar a Darwin por que teria aceito o espiritualismo.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

Malcolm Kottler procurou explicar o que seria uma mudança de atitude de Wallace depois da publicação de suas primeiras idéias sobre o homem em 1864, e questionou a veracidade de algumas declarações públicas do naturalista.

No que tange às considerações realizadas na seção anterior, deve-se ressaltar, no entanto, que não se trata de dizermos que a interpretação proposta Kottler está incorreta. Trata-se sim de sugerirmos que alguns pontos advindos dessa interpretação merecem maior reflexão, e que, além disso, outras possibilidades de interpretação não foram levadas em conta pelo autor.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Secretaria de Educação do Estado de São Paulo pelo apoio recebido, que possibilitou a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARMO, Viviane Arruda do. *Concepções evolutivas de Charles Darwin no Origin of Species e de Alfred Russel Wallace em Darwinism: um estudo comparativo*. São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo. *Estudando o invisível: William Crookes e a nova força*. São Paulo: EDUC/FAPESP, 2004.
- KOTTLER, Malcolm Jay. Alfred Russel Wallace, the origin of man and spiritualism. *Isis* **65** (2): 144-192, 1974.
- MARCHANT, James. *Alfred Russel Wallace: letters and reminiscences*. London:: Cassell, 1916. 2 vols.
- PEARSON, Karl (ed.). *The life, letters and labours of Francis Galton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1924.
- WALLACE, Alfred Russel. On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. *Proceedings of the Linnean Society of London* **3**: 53-62, 1858.
- . The origin of human races and the antiquity of man deduced from the theory of ‘natural selection’. *Journal of the Anthropological Society of London* **2**: clviii-clxxxvii, 1864.
- . *Contributions to the theory of natural selection. A series of essays*. New York: Macmillan and Co., 1870.
- . *On miracles and modern spiritualism* [1875]. New York: Arno Press, 1975.
- . *Darwinism. An exposition of the theory of natural selection with some of its applications*. 2. ed. London: Macmillan and Co., 1890.

O papel da evolução biológica na compreensão da representação em Fred Dretske

Karla Chediak*

1 INTRODUÇÃO

A importância e o papel da evolução na compreensão da geração de crenças é um ponto bastante controverso nas análises filosóficas de cunho naturalista. Entre os autores que tratam contemporaneamente do tema da cognição de modo naturalista, levando em conta o conhecimento da ciência, não há praticamente dúvida de que a mente evoluiu, havendo, porém, bastante discussão sobre até que ponto a própria evolução é relevante para o fenômeno da produção de crenças e de conhecimento.

As posições discordantes em relação a essa questão não são observadas apenas na consideração de diferentes autores, como por exemplo, Fred Dretske, Daniel Dennett, Robert Andrews Millikan e Jerry Alan Fodor, mas também no interior de uma única abordagem. Alguns autores consideram que Dretske não manteve uma única posição sobre o assunto. Robert Cummins, por exemplo, observa que Dretske, em seu artigo “The explanatory role of content”, teria conferido à seleção natural um papel causal, associado ao conteúdo semântico, na explicação do comportamento instintivo de animais, tendo, no entanto, em sua obra *Explaining behavior* rejeitado explicitamente essa perspectiva (Cummins, 1991, p. 104).

Nesse artigo, analisaremos o papel explanatório da teoria da evolução na compreensão naturalizada da representação em Fred Dretske.

* Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Endereço para correspondência: Avenida Epitácio Pessoa, 1834/104, Lagoa, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22411-070. E-mail: kachediak@yahoo.com.br.

2 REPRESENTAÇÃO E INFORMAÇÃO

Dretske defende uma teoria representacional naturalista da mente e sustenta que toda representação é formada a partir da combinação do conceito de função, compreendido de modo teleológico, com a teoria da informação. Pode-se ver a unidade desses elementos na própria enunciação da representação, que diz: um sistema (ou um estado) S representa a propriedade P se e somente se S tem a função de indicar, ou seja, de prover informação sobre P relativa a certo domínio de objetos (Dretske, 1995b, p. 4). Desse modo, não existe representação sem função, embora haja informação sem função. A fumaça de uma chaminé, por exemplo, carrega informação sobre a velocidade do vento, embora essa não seja sua função.

Essa definição de representação não se aplica apenas às atividades mentais, pois não há apenas representações mentais. As representações mentais são naturais, mas também existem representações não naturais. Os artefatos, por exemplo, têm o poder de representar algo e esse poder deriva daqueles que os criaram e os utilizam, ou seja, esse poder deriva de agentes intencionais, humanos, que possuem mente. A fim de naturalizar a mente, Dretske acredita poder encontrar na natureza formas originais de representação, naturais, não derivadas, que, de algum modo, fornecem base para a compreensão naturalista da mente. Isso é feito recorrendo-se ao conceito de função natural, que significa que um elemento de certo sistema possui a tarefa de carregar informação sobre algo que lhe é externo.

A função própria de toda representação é, segundo o autor, a indicação, a veiculação de informação. O conceito de função que Dretske incorpora à sua reflexão sobre a representação origina-se da análise feita por Godfrey-Smith, em seu artigo sobre a história moderna da teoria de função (Godfrey-Smith, 1994). Dretske afirma que não defende uma teoria própria de função natural por ser suficiente que haja teorias fortes afirmando a existência das funções naturais, uma vez que essas são requeridas para sustentar a tese da existência de representações naturais:

Desde que haja funções naturais – qualquer que possa ser sua correta interpretação – isso é o suficiente para meu projeto naturalista. No entanto, vou assumir neste trabalho que as funções naturais são sempre adquiridas por meio de um processo histórico como a seleção natural (para os sistemas) e o aprendizado (para os estados). (Dretske, 1995b, p. 170)

Desse modo, existem funções que são adquiridas naturalmente e se distinguem das funções convencionais por serem independentes das inten-

ções ou propósitos de um agente humano. O conceito de função natural aplica-se a órgãos, como coração e rim, mas do mesmo modo que dizemos que o coração tem a função de bombear o sangue, podemos dizer que os sentidos têm a função de prover informação sobre o ambiente.

Há, para Dretske, duas fontes de função natural, o processo filogenético e o ontogenético. O primeiro responde pela formação dos comportamentos instintivos e o segundo pelo aprendizado, através da experiência individual. Em ambos os casos, o processo de aquisição de conhecimento é de natureza histórica, e o que deve ser explicado, é o comportamento.

3 A CAUSA DO COMPORTAMENTO

A explicação do comportamento remete à causa estruturante (*structuring cause*) que explica por que C (representação) \rightarrow (causa) M (movimento), enquanto a explicação da ocorrência de M (o *output*) remete à causa disparadora (*triggering cause*). Como bem sintetiza Cummins:

Se C s causam M s em S porque a ocorrência dos C s em S covariam com a ocorrência de F s (no ambiente ou em outro lugar de S , então, de acordo com Dretske, (1) em S , C s têm a função de indicar F s, e (2) C s são *representações* em S de F s, e podemos dizer (3) que nós temos uma conexão entre C e M porque C tem o conteúdo semântico que tem. (Cummins, 1991, p. 104)

O importante é notar que o conteúdo semântico tem papel causal na explicação do comportamento $C \rightarrow M$. Ele adquire esse papel quando é a causa estruturante, ou seja, quando é conteúdo semântico que nos permite compreender a conexão existente entre C e M num certo sistema S e isso ocorrem por causa da função indicadora de C . M é uma resposta a F , causada por C , porque C indica F .

O processo filogenético é responsável pelo comportamento instintivo ou inato, ou seja, não adquirido por meio de aprendizagem. Presente em plantas e em animais, a sua estrutura é mais ou menos simples, segundo o modelo de Dretske. Plantas e animais desenvolveram mecanismos de indicação, ou seja, de detecção de estados de coisas do ambiente informacionalmente relevantes para a sua sobrevivência e reprodução. Por exemplo, algumas plantas carnívoras possuem pêlos sensitivos na face interna de suas folhas modificadas. Ao detectarem a presença de um inseto se movimentando, elas se fecham, prendendo-o. A causa disparadora de M (fechamento das folhas) é o movimento do inseto, porém o que está em

questão é a causa estruturante. É ela que explica por que a presença do inseto causa o fechamento da folha, por que $C \rightarrow M$. Como se trata de um processo filogenético gerando função, é natural que se considere que a evolução por seleção natural responda pela causa estruturante. É o fato de C (representação interna da presença do inseto) indicar F (inseto comestível) que fez com que esse mecanismo ($C \rightarrow M$) tenha sido selecionado e fixado ao longo de gerações. Como observa Dretske, não foi M (fechamento das folhas) que foi selecionado, já que M só é interessante na presença de F ; o que foi selecionado foi $C \rightarrow M$, em que C indica F :

Porque M é benéfico para a planta quando ocorre em condições F (e geralmente não em outras condições) que foi dado a alguns indicadores de F a tarefa de produzir M . É este fato sobre C que explica, via seleção natural, o seu papel atual no controle do movimento da folha, do mesmo modo que o fato correspondente sobre a fita bi-metálica no termostato explica, via propósito de seus planejadores, seu papel causal na regulação da fornalha. (Dretske, 1995a, p. 91)

Tudo parece indicar que a seleção natural responde pela causa estruturante, uma vez que seu papel é análogo ao do planejador que concebeu o termostato, que é certamente a causa estruturante do instrumento. O processo que ocorre na planta carnívora é semelhante ao que ocorre com os animais e o exemplo que Dretske fornece é o da mariposa que desenvolveu mecanismos para evitar o morcego. O seu sistema auditivo, diz-nos ele, foi projetado a partir de sua relação com o seu principal predador, o morcego, pois ele capta a frequência de onda emitida por esse animal. Também aqui parece razoável considerar que a seleção natural responda pela causa estruturante do comportamento da mariposa de evitar o morcego.

Como observa Cummins, em seu artigo *Mental meaning in psychological explanation*, é essa a posição que Dretske assume :

Como poderia o conteúdo de C entrar na explicação da conexão entre C e M em S ? Parece haver uma única possibilidade: organismos com uma conexão entre C e M foram selecionados porque C indica (ou indicou em algum momento) F e a capacidade de responder a F com M conferiu uma vantagem seletiva aos ancestrais de S . Dretske pensou que esse tipo de explicação seletivista deveria ser vista como um caso da explicação causal do comportamento por meio do conteúdo. Em *Explaining behavior*, no entanto, ele rejeita essa visão. (Cummins, 1991, p. 104)

De fato, em seu artigo “Explanatory role of content”, Dretske defende que sua idéia central é a de que estados internos adquirem controle de

movimentos, gerando comportamentos, graças às suas qualidades representacionais, ou seja, em virtude do que significam, da informação que eles contêm sobre as circunstâncias externas. Pode-se recorrer às representações para explicar o comportamento, porque o seu conteúdo semântico possui poder causal. E assinala que, excluindo-se os casos que envolvem agentes humanos, há dois modos de o conteúdo adquirir poder causal: pelo processo evolutivo, em que o comportamento se fixa nas populações e por meio de aprendizado, que ocorre nos indivíduos. Diz ele: “A seleção natural desempenha, nos mecanismos cognitivos dos organismos, o papel que nós desempenhamos nos mecanismos de controle de um termostato” (Dretske, 1988, p. 41). Em outra passagem ele nos esclarece sobre qual é o papel que nos é atribuído no caso do termostato: “no caso do termostato, esta eficácia é alcançada por meio de intermediários causais (agentes humanos) que projetam (*design*), constroem e instalam tais dispositivos com vários propósitos, crenças e intenções” (*ibid.*, p. 40).

Fica claro através dessas passagens que Dretske atribuiu à evolução, particularmente à seleção natural, um papel relevante nas explicações dos comportamentos inatos, ainda que ele reconheça, já nesse artigo, que não é possível recorrer à evolução quando se trata de explicar a arquitetura funcional do organismo individual.

No entanto, em *Explaining behavior*, Dretske recusa-se a atribuir papel relevante à evolução na explicação dos comportamentos inatos, como bem assinalou Cummins. Nesse texto, Dretske nos diz que o processo evolutivo falha ao explicar os sistemas de controle para o comportamento inato nos animais, ou seja, falha ao explicar por que $C \rightarrow M$.

O que é requerido [...] é que as propriedades indicadoras da estrutura figurem na explicação de suas propriedades causais, que o que ela diz (sobre ocorrências externas) ajude a explicar o que ela faz (na produção do *output*). Isso é o que falta no caso dos reflexos, tropismos e outros comportamentos instintivos. O sentido [*meaning*], embora esteja lá, não está relevantemente engajado na produção do *output*. (Dretske, 1995a, p. 94)

A evolução produziu vários sistemas com a função de indicar, ou seja, de representar as condições internas e externas ao organismo, como temperatura, pressão, movimento. Esses indicadores estão relacionados com diversos sistemas de regulação do equilíbrio da fisiologia e é provável que se tenham fixado graças aos benefícios trazidos ao organismo. O comportamento instintivo seria semelhante, pois, tanto em um quanto em outro, o conteúdo da representação não assume um papel importante na explicação

de por que *este* organismo se comporta da forma que o faz. Tanto na função fisiológica – como, por exemplo, o controle da taxa de açúcar no sangue – quanto no comportamento instintivo, é o programa genético que explica por que ele se comporta da forma que faz. É ele que parece responder pela causa estruturante (ou talvez não haja causa estruturante):

O que explica a coordenação entre *M* e *E* neste animal – ademais, em *qualquer* animal – não é o fato de que exista algo no animal que signifique *M* (em um ambiente atual alterado pode não *haver* nada no animal que tenha esse sentido), mas o programa genético. (Dretske, 1991, p. 206)

De fato, toda representação, seja ela natural seja convencional, possuiu conteúdo semântico. O que Dretske argumenta é que, nos comportamentos naturais instintivos, embora haja representação, portanto, conteúdo semântico, esse é irrelevante para explicar o comportamento. A razão por que certo comportamento se fixou evolutivamente pode desaparecer e ainda assim a planta ou o animal continuará comportando-se do mesmo modo. Organismos com fototropismo positivo dirigem-se para a luz, independentemente do que isso significa. Em geral, numa situação natural, esse comportamento significa algo benéfico, local de alimento ou de reprodução, refúgio de predador, mas mesmo que isso mude, ele vai continuar se comportando do mesmo modo, pois o que está determinando o seu comportamento é o plano genético a que está submetido e não o conteúdo da representação:

Se através de um capricho recente da natureza (recente o suficiente para que as pressões seletivas não tenham tempo de operar) a ocorrência de *C* nas mariposas não sinalizem a aproximação de um morcego faminto, mas de um macho receptivo, *C* ainda produziria *M* – ainda produziria as mesmas manobras de voo de fuga. O que *C* indica nas mariposas de hoje nada tem a ver com a explicação sobre os movimentos que ajudou a produzir. (Dretske, 1995a, p. 93)

Dretske não ignora o papel da evolução na formação das estruturas que têm função. É ela que responde por que a estrutura *X*, com sentido *M* que causa *E* existe neste animal: “Certamente, as propriedades extrínsecas das estruturas (a informação que elas carregam) fazem diferença no mundo” (Dretske, 1991, p. 207). Porém, isso não seria o bastante para dar-lhe o poder de explicar o comportamento do animal por meio do conteúdo, ou seja, por meio de crenças. Neste sentido, o comportamento instintivo produz função natural, sistemas de indicação, representação, mas não gera crenças.

Se todo comportamento possui causa estruturante, que remete a razões, e causa disparadora, que remete a uma descrição física do que provocou o movimento, no comportamento instintivo a causa estruturante seria dada por uma explicação do desenvolvimento e não por explicação seletiva. A argumentação de Dretske é de que a seleção natural apenas seleciona entre variáveis disponíveis, não respondendo pela criação de nada. Ela não explica o comportamento ($C \rightarrow M$), por não ser a responsável pelo seu aparecimento, não podendo, por isso, ser a causa estruturante:

A explicação de por que este C está causando este M , por que a mariposa está executando manobras evasivas, nada tem a ver com isto que C indica sobre o ambiente da mariposa. A explicação repousa nos genes da mariposa. (Dretske, 1995a, p. 92)

O argumento de Dretske está baseado na análise que Cummins faz no seu artigo “Functional analysis” (1975). Nesse artigo, Cummins critica o conceito teleológico de função e o papel que seus defensores atribuem à seleção natural. Para ele, explicar a presença de um órgão, como o coração dos vertebrados, apelando para a função que ele exerce é apelar para fatores que não são causalmente relevantes para a sua presença (Cummins, 1975, p. 748). Ele segue dizendo que aparentemente é razoável considerar que a seleção natural forneça a ligação entre a função de algo (órgão ou comportamento) em um organismo e sua presença nesse organismo, pelo fato de que ele, por causa da função que exerce, contribuiu para a sobrevivência e reprodução desses organismos. Para Cummins, isso não é uma boa interpretação da teoria evolutiva, pois a incorporação de algo em um organismo depende de seu plano “genético” e as alterações nesse plano devem-se às mutações. Se há alteração no plano, ela será herdada a despeito da função e do valor dessa alteração para a sobrevivência e reprodução. O papel da seleção natural será apenas o de aumentar ou diminuir o número de organismos com a alteração dentro da população, porque elas fornecem alguma vantagem em termos de sobrevivência e reprodução aos seus possuidores, mas ela não tem nenhum poder de ação sobre o plano:

As características dos organismos responsáveis pelo seu sucesso relativo são determinadas por seus planos genéticos e as características desses planos são inteiramente independentes do sucesso relativo dos organismos que a possuem. (Cummins, 1975, p. 750)

No processo evolutivo, o aparecimento de fatores inovadores fixados biologicamente deve-se às mutações e às recombinações genéticas. Desse

modo, o processo evolutivo como um todo é criativo, mas não a seleção natural. As variações surgem sem levar em conta as necessidades dos organismos e, neste sentido, são aleatórias.

A origem de uma função é dada pelo processo de fixação do traço na população, através das gerações. Durante esse processo de fixação do comportamento, de fato, um traço X , porque possuía o conteúdo M , conectou-se causalmente com E . Se não fosse assim, ele não teria sido selecionado, portanto, a conexão entre M e E não teria se fixado. Porém, uma vez fixado geneticamente, ela não é mais modificável e, por isso, a conexão entre M e E pode deixar de existir que o organismo vai se comportar do mesmo modo. No entanto, embora o conteúdo semântico não seja suficientemente relevante para explicar o comportamento instintivo dos organismos atuais, ele foi relevante para que o comportamento se fixasse:

Podemos supor que os organismos de hoje, cujo X causa E , possuem um X interno que causa E , não porque seu X interno (seja tipo [*type*] ou exemplar individual [*token*]) signifique M (eles podem não significar M), mas porque um X correspondente em seus ancestrais significou M . (Dretske, 1991, p. 206)

É necessário, portanto, recorrer-se ao conteúdo semântico para explicar a fixação evolutiva de certo comportamento e, uma vez fixado, ele passa a estar inscrito no processo de desenvolvimento do organismo, associado ao programa genético. Tudo leva a crer que é esse programa que responde pela causa estruturante do comportamento dos organismos atuais, embora Dretske não seja claro com relação a esse ponto.

4 DISCUSSÃO

O problema está em como justificar a afirmação de que, embora não se possa recorrer ao conteúdo semântico de X para explicar o comportamento instintivo dos organismos atuais, pode-se recorrer a um correspondente de X presente em seus ancestrais remotos que significou M para explicar a fixação de certo comportamento. Parece-me ser um problema considerar que o conteúdo semântico só foi relevante para o comportamento dos ancestrais dos animais atuais. Seria preciso mostrar por que esses organismos estavam em uma situação diferente da dos atuais. Se o conteúdo semântico só é relevante para explicar os comportamentos que envolvem aprendizado, então, não poderia ter sido relevante para explicar o comportamento dos ancestrais dos animais atuais. Esses animais não estavam em

uma situação biológica distinta dos atuais, também eles se comportavam de acordo com o seu programa genético. Desse modo, se a causa estruturante do comportamento dos organismos atuais é dada pelo seu programa de desenvolvimento, o mesmo teria de ocorrer com os seus ancestrais. Sua causa estruturante não poderia ser diferente da causa estruturante do comportamento dos animais atuais. Porém Dretske afirma que: “um X correspondente, nos seus ancestrais, significou [*meant*] M ” (Dretske, 1991, p. 206). Quer dizer que se pode recorrer ao conteúdo semântico para explicar o comportamento instintivo dos indivíduos que viveram no passado.

Dretske parece considerar que o conteúdo semântico foi relevante durante o tempo em que a seleção esteve atuando para fixar o traço, mas ainda assim, é, sem dúvida, difícil delimitar esse tempo e determinar a partir de quando ele deixou de ser relevante. Além disso, em geral, quando se admite que a seleção natural responde pela existência de traços funcionalmente relevantes nos organismos, admite-se também que a manutenção desses traços é, possivelmente, também fruto da ação da seleção. Aceita-se que a perda da função tenderia a provocar o desaparecimento ou a diminuição do traço. Desse modo, é difícil se compreender como o conteúdo semântico possa ter tido um papel relevante para os ancestrais dos animais atuais e não tem mais para os organismos atuais.

Parece-me que uma forma de resolver esse problema pode ser encontrada em uma nota de *Naturalizing the mind*, onde Dretske observa, ao discutir o papel criador da seleção natural, que a seleção natural não torna o pescoço da girafa mais longo, mas torna os pescoços das girafas mais longos, admitindo, portanto, num certo sentido seu papel criador, pois ela responde pela criação do tipo (*type*) (Dretske, 1995, p. 186, nota 21). Ao explicar por que as girafas têm pescoço longo, poder-se-ia responder recorrendo à função que ele cumpre para os organismos que o possuem. No caso da representação, o que é selecionado é o sistema capaz de carregar informação útil para o organismo. Uma vez selecionado, ele passa a ter uma função de indicar e uma vez que tem a função de indicar, ele representa algo. Da mesma maneira que no caso do pescoço da girafa pode-se recorrer à função para explicar por que são do jeito que são, poder-se-ia também recorrer ao conteúdo semântico (fator identificador da representação) para explicar por que há aquele “tipo” de representação em tais organismos.

O que não se pode é recorrer ao conteúdo semântico quando se trata de explicar a representação que ocorre no comportamento instintivo de

um indivíduo (*token*). Desse modo, Dretske considera que a evolução é relevante para a fixação do comportamento instintivo, que fica registrado no programa genético, mas não o é quando se considera somente o comportamento isolado de um organismo específico. Por isso, não seria adequado falar de crenças quando se trata dessa forma de comportamento. Embora o conteúdo semântico esteja presente e responda pela constituição de um “tipo” nos comportamentos instintivos, ele não tem papel causal independente, porque não pode ser destacado do suporte biológico ao qual está associado. Isso faz toda a diferença entre o comportamento instintivo e o aprendido, impedindo que se fale de crenças ao lidarmos com este tipo de comportamento, pois só há crenças quando o conteúdo semântico da representação adquire um poder causal independente e autônomo, que o torna capaz de explicar por que $C \rightarrow M$ e não apenas M : “Tudo o que se consegue com uma explicação via seleção natural é por que há hoje tantas máquinas sintáticas [*syntactic engines*] de certo tipo – o tipo no qual algo que significa M causa E ” (Dretske, 1991, p. 207). No entanto, ela não é capaz de separar o elemento sintático do semântico e dar a esse último um papel relevante e autônomo na explicação do comportamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUMMINGS, Robert. Functional analysis. *The Journal of Philosophy* **72**: 741-765, 1975.
- . The role of mental meaning in psychological explanation. Pp. 102-117, in: McLAUGHLIN, Brian (ed.). *Dretske and his critics*. Cambridge: Basil Blackwell, 1991.
- DRETSKE, Fred. The explanatory role of content. Pp. 17-36, in: MERRILL, Daniel D.; GRIMM, Robert H. (eds.). *Content of thought. Proceedings of the 1985 Oberlin Colloquium in Philosophy*. Tucson: University of Arizona Press, 1988.
- . Dretske’s replies. Pp. 180-221, in: McLAUGHLIN, Brian (ed.). *Dretske and his critics*. Cambridge: Basil Blackwell, 1991.
- . *Explaining behavior. Reasons in a world of causes*. Cambridge, MA: MIT Press, 1995 (a).
- . *Naturalizing the mind*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press, 1995 (b).
- . *Perception, knowledge and belief. Selected essays*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

GODFREY-SMITH, Peter. A modern history theory of function. *Noûs* **28**
(3): 344-362, 1994.

A prática científica na ecologia de comunidades: diálogos entre empirismo e teoria na literatura científica

Leila Cruz*

Pedro Rocha**

Charbel El-Hani**

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a ecologia enfrenta o duro desafio de oferecer respostas e estratégias rápidas e eficazes para que se possam minorar as consequências da exploração e degradação do meio ambiente. Para muitos autores, contudo, o conhecimento ecológico ainda se mostra insuficiente e insatisfatório como instrumento para a resolução da crise ambiental, embora se reconheça, de um lado, a existência de avanços importantes na compreensão dos sistemas ecológicos ao longo do tempo (por exemplo, Hansson, 2003; Simberloff, 2004; Krebs, 2006) e, de outro, que não depende somente da ecologia, a construção de saídas para os problemas ambientais atuais.

As críticas ao estado de desenvolvimento da ecologia não são novas. Embora seja reconhecido que esta ciência passou por um grande processo de institucionalização desde sua fundação (Hagen, 1989), os ecólogos têm se ocupado de diversas críticas ao seu *status* científico desde pelo menos a década de 1980. O sentimento de que o conhecimento ecológico deveria estar avançando mais rápida e consistentemente do que o observado

* Faculdade de Tecnologia e Ciências. R. Conselheiro Saraiva, 149, Edifício 15 de Julho, Comércio – Salvador, BA. CEP 40015-100. Endereço eletrônico: leilacruz@gmail.com

** Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, R. Barão de Geremoabo, 147, Campus de Ondina – Salvador, BA, CEP 40170-290. Endereços eletrônicos: peurocha@ufba.br; charbel@ufba.br

deriva, muitas vezes, de comparações entre os resultados alcançados na ecologia e aqueles de outras disciplinas, principalmente a biologia celular e molecular e a genética (por exemplo, Weiner, 1995; O'Connor, 2000). As críticas giram em torno de três questões principais:

- (1) a carência de unificação teórica;
- (2) a falta de generalizações que se aproximem do *status* de leis com poder preditivo; e
- (3) a existência de falhas nos métodos de construção de conhecimentos teóricos e empíricos.

A carência de unificação teórica do campo pelo estabelecimento de um paradigma integrador é apontada por alguns ecólogos (por exemplo, Peters, 1991; Weiner, 1995) como um dos possíveis motivos para o estado de “subdesenvolvimento” da ecologia. A fragmentação da ecologia, vista por Joel B. Hagen (1989) como derivada da diversidade de abordagens e interesses encontrada desde a sua fundação como disciplina científica, não tem sido sempre considerada, contudo, como um fator negativo. Hagen (1989), ao analisar a questão, identifica pelo menos duas grandes tradições intelectuais que demarcam diferentes questões e tipos de explicações que os ecólogos consideram aceitáveis, argumentando que elas possivelmente são complementares, já que abordam conjuntos diferentes de problemas. A defesa de abordagens pluralísticas em lugar da existência de um único paradigma unificador também tem sido feita por muitos ecólogos (por exemplo, Schoener, 1982; Ghilarov, 2001; Simberloff, 2004).

A outra crítica, referente à falta de generalizações que se aproximem do *status* de leis com poder preditivo, tem suscitado debates mais acalorados e parece estar presente também desde a fundação da ecologia como disciplina científica. A preocupação com a pobreza teórica frente à abundância de observações empíricas já pode ser identificada desde a década de 1910 (Kingsland, 1985).

Nos últimos anos, diversos autores têm questionado a afirmação de que a ecologia não disporia de generalizações semelhantes a leis (por exemplo, Turchin, 2001; Berryman, 2003; Colyvan & Ginzburg, 2003). O argumento destes autores geralmente se apóia em análises que (1) desmistificam noções ingênuas acerca da natureza das leis ou (2) procuram demonstrar a existência de princípios teóricos na ecologia que podem desempenhar papéis semelhantes às leis físicas, conforme usualmente entendidas (porém ver Cartwright, 1983). No outro extremo, há aqueles que defendem o abandono completo do projeto da generalidade, defendendo que a ecologia deve apoiar-se em estudos de caso capazes de resolver efetivamente

questões ecológicas em escalas locais (Shrader-Frechette & McCoy, 1994; Simberloff, 2004).

O terceiro tipo de crítica é também muito comum e, como os outros dois, constitui uma preocupação bastante antiga dentro da disciplina. Embora Hagen considere improvável a explicação de que “os ecólogos falharam em empregar métodos experimentais rigorosos que se provaram muito bem sucedidos em outras disciplinas científicas” (Hagen, 1989, p. 449), diversos ecólogos dirigem críticas não só aos métodos empregados em trabalhos empíricos, mas também àqueles empregados na elaboração de teorias (por exemplo, Ford & Ishii, 2001). Charles J. Krebs sumariza a maior parte das críticas relacionadas aos métodos empíricos na ecologia nos seguintes termos:

- (1) hipóteses de pesquisa fracas ou não-testáveis;
- (2) falta de replicação experimental;
- (3) falta de adequação à escala temporal e espacial dos fenômenos;
- (4) análise estatística inadequada, dentre outros (Krebs, 2006, p. 8).

Em relação ao papel e desenvolvimento das teorias ecológicas, a crítica mais comum considera que os modelos teóricos são elaborados de maneira apenas abstrata, sem conexão com os fenômenos empíricos (Weiner, 1995; Smith, 2000; Krebs, 2006). Para Krebs, “há uma disjunção completa entre o tempo necessário para construir um modelo e o tempo que leva para testar uma hipótese” (Krebs, 2006, p. 7), o que impede que os dados empíricos sejam utilizados para o teste e a validação da produção teórica.

O resultado final de tantas discussões é a sensação de que

- (1) o crescimento da literatura em ecologia consiste em um acúmulo de informação que não representa necessariamente uma maior compreensão dos fenômenos ecológicos e
- (2) os problemas ecológicos nunca são resolvidos, mas simplesmente entram ou saem de moda (Pigliucci, 2002).

Neste artigo, relatamos os resultados de um estudo acerca do desenvolvimento histórico de uma das mais importantes teorias da ecologia de comunidades, com o intuito de investigar o modo como o conhecimento ecológico vem sendo produzido pela comunidade científica. Em particular, investigamos a hipótese de que o sucesso limitado da ecologia se deve, pelo menos em parte, a deficiências no processo de construção do conhecimento ecológico.

Para analisar este processo, realizamos uma análise qualitativa da literatura de ecologia de comunidades de lagartos, a partir de uma perspectiva histórica. Foram abordados quatro aspectos relacionados à

produção teórica e empírica do campo, na forma dos seguintes objetivos específicos:

1. Investigar a evolução teórica na ecologia de comunidades de lagartos, identificando suas principais escolas de pensamento.
2. Avaliar a situação da teoria da competição no repertório teórico dos pesquisadores da ecologia de comunidades de lagartos, em termos da importância relativa da sua utilização na formulação de hipóteses e na explicação dos resultados alcançados nos trabalhos empíricos.
3. Investigar o funcionamento científico da disciplina, enfocando especificamente a produção de evidências empíricas, identificando as principais hipóteses estudadas e os resultados alcançados pela literatura.
4. Investigar o funcionamento científico da disciplina, avaliando a conexão entre a produção teórica e a empírica, através da identificação das teorias que geraram as hipóteses estudadas empiricamente.

A teoria da competição, por sua importância histórica e teórica, se mostra bastante apropriada para tal análise, uma vez que seu desenvolvimento se confunde com o desenvolvimento da própria ecologia de comunidades. Além disso, a história de sua abordagem exhibe o padrão de persistência das questões propostas e dos mesmos debates que têm sido apontados em estudos críticos da ecologia. Como a literatura sobre competição é muito extensa no campo da ecologia de comunidades, optou-se por concentrar as análises na literatura relativa a um táxon específico, o dos lagartos. O enfoque de um táxon específico deve permitir a representação das principais linhas de pesquisa em ecologia: estas linhas são desenvolvidas em torno de conceitos e princípios teóricos que se aplicam a qualquer organismo, contanto que este não apresente peculiaridades muito especiais, que impeçam ou direcionem muito fortemente sua utilização. Assim, pode-se argumentar que um estudo sobre a ecologia de comunidades de lagartos permite traçar um retrato consistente do modo de construção do conhecimento ecológico.

2 MÉTODOS

2.1 Levantamento bibliográfico e amostragem

Os trabalhos analisados foram obtidos a partir de um levantamento bibliográfico em duas bases de dados, *Web of science* e *Zoological records*. Foram incluídos no levantamento trabalhos que tratassem de qualquer aspecto ecológico de pelo menos duas espécies de lagartos, publicados a partir da

década de 1940 e até o ano 2002. A seguir, foram sorteados 40 artigos em cada década, que tiveram as referências bibliográficas registradas em um banco de dados. A obtenção de 40 trabalhos em cada década foi proposta com base em uma estimativa do volume da produção científica para diversas áreas da ecologia de lagartos, realizada por Raymond B. Huey, Eric R. Pianka e Thomas W. Schoener a partir de dados da literatura (Huey, Pianka & Schoener, 1983). De acordo com esses autores, o crescimento da produção científica no campo de ecologia de comunidades de lagartos parecia estar se estabilizando a uma taxa de 16 a 20 novos trabalhos a cada dois anos, o que resultaria em um total de aproximadamente 100 publicações a cada década.

Optou-se pelo sorteio, e não por uma seleção das publicações, por dois motivos. Em primeiro lugar, o sorteio foi necessário, porque esta análise qualitativa foi acompanhada de uma análise quantitativa das referências bibliográficas. A realização de amostragem aleatória por grupos definidos de acordo com períodos de 10 anos teve por objetivo permitir a identificação de padrões temporais na composição das referências bibliográficas das publicações, que foram objeto de outra parte do trabalho. Neste estudo, a análise de padrões temporais nas variáveis de interesse foi necessária para a compreensão do desenvolvimento histórico dos estudos desse campo do conhecimento. Em segundo lugar, o objeto de estudo do trabalho foi a literatura de ecologia de comunidades de lagartos em geral, e não os trabalhos dos pesquisadores mais destacados do campo, o que poderia acontecer, caso a escolha das publicações seguisse critérios subjetivos.

Uma vez que as referências bibliográficas haviam sido registradas, realizou-se uma sub-amostragem: dentre os 40 trabalhos de cada década, sorteamos novamente 10 deles para a análise qualitativa. Estes trabalhos sub-amostrados compuseram o que chamamos de *grupo amostral*. As referências bibliográficas dos 40 trabalhos do grupo amostral foram registradas em um banco de dados, a partir do qual foram identificados os 10 trabalhos mais citados de cada década. Os trabalhos mais citados foram também adquiridos para compor o que chamamos de *grupo de referência*.

2.2 Coleta e análise de dados no grupo amostral

A coleta de dados correspondeu à leitura analítica dos trabalhos do grupo amostral e do grupo de referência, cujos resultados foram computados por década. Os itens analisados no grupo amostral são descritos nas próximas subseções.

2.2.1 Classificação da publicação como teórica ou empírica

Toda publicação contendo uma apresentação de dados primários foi classificada como empírica, enquanto que aquelas em que se verificava a discussão de conceitos, teorias ou modelos foram classificadas como teóricas.

2.2.2 Identificação dos objetivos, das hipóteses de trabalho e dos métodos utilizados

A leitura das seções introdutórias dos trabalhos permitiu registrar os objetivos e as hipóteses de trabalho construídas pelos autores de cada publicação. As hipóteses de trabalho poderiam referir-se à identificação de padrões e correlações entre variáveis, ou à detecção de mecanismos causais envolvidos na produção de padrões observados. Na seção de métodos, buscamos identificar os procedimentos utilizados pelos autores para coleta e análise de dados.

2.2.3 Identificação do emprego de abordagens observacionais ou experimentais

Os métodos utilizados nos trabalhos analisados foram considerados experimentais quando havia manipulação intencional de variáveis para a averiguação de suas conseqüências. As abordagens foram consideradas observacionais quando havia ocorrido apenas observação dos estados das variáveis dos sistemas naturais.

2.2.4 Classificação como trabalhos de identificação de padrões ou de testes de processo

Todo estudo com objetivos descritivos foi considerado como um trabalho sobre identificação de padrões, enquanto que os trabalhos que tinham por objetivo testar pelo menos uma hipótese de causalidade acerca de um determinado fenômeno foram considerados estudos sobre teste de processos.

2.2.5 Identificação dos principais referenciais teóricos dos trabalhos

Foram identificados os principais referenciais teóricos que os autores utilizaram para discutir os resultados previstos e alcançados, ao longo de todo o texto da publicação. Foi dada atenção especial ao papel que a teoria da competição desempenhava na exposição do problema de pesquisa e na proposição de explicações dos resultados.

Após a identificação desses elementos e a classificação dos trabalhos, realizou-se uma avaliação qualitativa de sua importância relativa, de modo a

buscar a composição de um “perfil científico” de cada década.

2.3 Coleta e análise de dados no grupo de referência

Entre os trabalhos do grupo de referência, foram coletados dados referentes aos objetivos, aos métodos e às hipóteses encontradas ao longo de todas as publicações analisadas. O objetivo aqui foi identificar que elementos tiveram papel heurístico para a elaboração dos trabalhos do grupo amostral. Esse papel heurístico foi associado à utilização desses elementos, pelos trabalhos do grupo amostral, como (1) referência empírica; (2) referência teórica, ou (3) referência metodológica. A classificação foi realizada identificando-se, nas instâncias em que as publicações do grupo de referência foram citadas pelas publicações do grupo amostral, o tipo de informação referenciada. Caso a informação dissesse respeito a dados empíricos, como no caso, por exemplo, de dados de outros trabalhos com as mesmas espécies, na mesma localidade ou em situações semelhantes, atribuía-se a categoria “referência empírica”; caso a informação correspondesse a uma hipótese ou fosse mobilizada para a construção de uma hipótese, ou ainda se a informação fosse utilizada na discussão de um conceito ou teoria, atribuía-se a categoria “referência teórica”; e caso a informação servisse para subsidiar a aplicação de um método, atribuía-se a categoria “referência metodológica”.

3 RESULTADOS

O levantamento bibliográfico resultou em um universo amostral de 1.429 trabalhos publicados desde 1940 até 2002. Dentre estes, foram sorteados 425 trabalhos: o número excede a quantidade de 40 trabalhos por década, que resultaria em um total de 280 trabalhos, porque foi necessário realizar sorteios sucessivos devido à dificuldade de aquisição de várias publicações, sobretudo aquelas das décadas de 1940 e 1950, bem como de compreensão dos idiomas usados em alguns trabalhos, como o russo, o chinês mandarim e o japonês. Algumas das publicações que foram adquiridas tiveram de ser substituídas, contudo, porque durante a análise foi considerado que não se referiam à ecologia de comunidades de lagartos, tendo entrado no universo amostral equivocadamente. Caso um trabalho sorteado não pudesse ser adquirido em nenhuma biblioteca brasileira, por meio do sistema COMUT, não pudesse ser compreendido por ser escrito em um dos idiomas supra-citados ou tivesse sido incluído equivocadamente no levantamento, era substituído mediante um novo sorteio. Do total de 425

publicações sorteadas, 132 foram substituídas por não estarem acessíveis por meio do sistema COMUT, 5 foram substituídas devido ao idioma e 22 foram substituídas devido a erro de levantamento.

Foi possível adquirir, com os recursos disponíveis, 226 trabalhos, que tiveram suas referências bibliográficas armazenadas em um banco de dados, o que resultou no registro de 4.608 referências. A seguir, foram amostrados 10 artigos por década para compor o grupo amostral e identificados os 10 trabalhos mais citados em cada década, também adquiridos para compor o grupo de referência. Na Tabela 1 estão indicadas as proporções que os artigos do grupo amostral e do grupo de referência representaram no universo amostral em cada década; os anos de 2000 a 2002 foram excluídos da comparação já que a amostragem desse período não foi feita no levantamento de uma década completa.

Nas seções seguintes, descreveremos os resultados relativos a cada item analisado em cada um dos grupos.

Tabela 1. Proporção da quantidade de publicações dos grupos amostral e de referência em relação ao total de publicações sorteadas em cada década. O total de publicações na tabela difere do total mencionado no texto porque abaixo foram excluídos os 38 trabalhos do universo amostral do período de 2000 a 2002.

Décadas	Total de publicações no universo amostral	Proporção representada pelos grupos:	
		Amostral (40 publicações)	Referência (10 publicações)
1940	57	70,18 %	17,54 %
1950	107	37,38 %	9,35 %
1960	211	18,96 %	4,74 %
1970	369	10,84 %	2,71 %
1980	322	12,42 %	3,11 %
1990	325	12,31 %	3,08 %
Total	1391	2,88 %	0,72 %

3.1 Análise do grupo amostral

A análise dos 70 trabalhos do grupo amostral revelou que 69 correspondiam a estudos empíricos e apenas 1 consistia em um estudo teórico.

Uma explicação provável para este resultado é a de que ele foi consequência dos critérios de busca utilizados no levantamento bibliográfico. Estes critérios tinham como objetivo restringir o levantamento à literatura de ecologia de comunidades de lagartos, mas podem ter dificultado a inclusão de trabalhos teóricos, devido à exigência da referência a espécies de lagartos.

Entre os 69 trabalhos empíricos, 60 tinham como objetivo a identificação de padrões, 8 almejavam testar hipóteses de causalidade sobre processos ecológicos, e 1 realizava uma revisão da literatura. A utilização de abordagens experimentais com o objetivo de testar hipóteses sobre processos ecológicos foi identificada em 3 trabalhos. Observamos um progressivo aumento do rigor metodológico ao longo das décadas: enquanto nas décadas de 1940 a 1960, a maioria das publicações não especificava nenhum tipo de método utilizado na coleta e análise dos dados ecológicos, a partir de 1970, todos os trabalhos, com exceção de 1 trabalho da década de 1980, descreviam os métodos empregados. Os métodos empregados também se tornaram mais numerosos e refinados ao longo das décadas, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Identificação de diferentes métodos de coleta e análise de dados ao longo das décadas.

Décadas	Quantidade de métodos diferentes identificados	
	Coleta de dados	Análise de dados
1940	9	0
1950	2	0
1960	5	1
1970	23	9
1980	35	10
1990	39	15
2000	30	24

3.2 “Perfis” científicos

A leitura dos artigos do grupo amostral permitiu identificar traços característicos da literatura em cada período estudado, que serão apresentados a seguir.

3.2.1 *Década de 1940*

Dentre os 10 trabalhos analisados, 6 correspondiam a listagens de fauna, com algumas observações sobre a ecologia dos espécimes, que frequentemente haviam sido coletados incidentalmente. Os objetivos destes trabalhos eram descritivos, justificados pela falta de conhecimento sobre a região e/ou sobre as espécies estudadas. Os demais trabalhos apresentaram uma abordagem ecológica mais aprofundada, buscando a caracterização e classificação das comunidades estudadas. A teoria da competição foi citada explicitamente em apenas três trabalhos, nos quais parecia assumir importância causal secundária ou paralela a outras teorias, já que os autores invocavam também fatores históricos e geográficos nas explicações dos resultados.

3.2.2 *Década de 1950*

Os artigos do grupo amostral da década de 1950 seguem perfil semelhante aos da década de 1940. Os artigos ainda consistiam de relatos cujo objetivo era contribuir para o acúmulo de conhecimentos sobre espécies e/ou regiões. Quatro artigos se destacavam por apresentarem uma inclinação maior para investigações sobre questões de distribuição geográfica, mas de resto o grupo continua sendo caracterizado pelas listas comentadas de espécies, com notas variadas sobre ecologia. A competição também continuou tendo pouca influência nos trabalhos empíricos desta década, uma vez que apenas um deles continha uma referência explícita a esta teoria.

3.2.3 *Década de 1960*

Nesta década, listas comentadas de espécies ainda apareciam em 5 trabalhos. Contudo, as justificativas para sua realização com base em problemas ecológicos começaram a substituir as “contribuições para o conhecimento”: os autores se preocupavam com a transformação dos habitats e a perda de espécies, com a dinâmica de colonização de locais impactados, ou, ainda, com as diferenças ecológicas entre espécies proximalmente aparentadas. A relação entre ecologia e biogeografia também foi estabelecida nesta década, já que 2 trabalhos consideravam que fatores ecológicos e biogeográficos são complementares e outros 2 trabalhos consideravam que as informações ecológicas auxiliam na compreensão dos padrões biogeográficos. A presença da competição no repertório teórico dos pesquisadores aumentou na década de 1960, uma vez que 4 dos 10 trabalhos a mencionavam especificamente na seção de discussão e conclusões; nos demais,

ou não havia referência a mecanismos causadores dos padrões (5 artigos) ou estes eram explicados com base em aspectos ambientais ou fisiológicos (um artigo).

3.2.4 *Década de 1970*

A década de 1970 foi marcada por uma mudança considerável na estrutura e no conteúdo dos trabalhos. Primeiramente, 7 dos 10 artigos já apresentavam o texto dividido nas seções de introdução, métodos, resultados e discussão. Nas décadas anteriores, a maioria dos artigos não exibia esta divisão, estando às vezes organizados em seções temáticas, como, por exemplo, “descrição da área”, “lista de espécies”, “vegetação” ou “ecologia”. O maior rigor técnico parece ser acompanhado também por um maior rigor teórico: dentre os 10 artigos analisados, 7 situavam seu objeto de estudo no contexto de algum princípio ou alguma teoria ecológica. Quatro questões teóricas foram abordadas nos artigos analisados: determinação da diversidade nas comunidades, partição de recursos, relação entre morfologia e utilização de recursos, e, finalmente, a relação entre fisiologia e ecologia. Em 8 dos 10 artigos analisados, identificou-se a presença da teoria da competição, seja pela sua utilização ou rejeição como mecanismo causal dos padrões observados. À exceção de 2 trabalhos, os artigos amostrados nesta década se apoiaram fortemente em mecanismos ecológicos locais para explicar a estrutura das comunidades estudadas. Uma outra indicação desta nova tendência foi a ausência, em 9 das 10 publicações, das discussões de padrões biogeográficos, que eram frequentes nas décadas anteriores.

3.2.5 *Década de 1980*

A década de 1980 apresentou uma extensão do perfil encontrado na década de 1970, uma vez que todos os 10 trabalhos abordavam de alguma maneira o papel desempenhado pelas interações ecológicas na organização das comunidades, embora tenha sido possível observar divergências acerca da sua importância. Três temas teóricos que marcaram a década de 1970 se mantiveram, com algumas variações: determinação da diversidade, utilização e partição de recursos, e relação entre morfologia e ecologia. Em 5 trabalhos observacionais, os autores consideraram que a competição desempenhava um papel causal muito importante na produção dos fenômenos estudados. No entanto, em 2 outros trabalhos observacionais e nos 2 trabalhos experimentais da década, não foram encontradas evidências de que a competição era tratada como mecanismo causal subjacente aos pa-

drões de utilização de recursos e de morfologia nas comunidades estudadas. Os dois trabalhos experimentais mencionados tinham como objetivo testar hipóteses de causalidade acerca dos mecanismos responsáveis pela organização das comunidades de lagartos estudadas, um deles testando explicitamente a ocorrência da competição e o outro testando a relação entre a morfologia e o uso do hábitat, que poderia também estar relacionada à ocorrência de interações competitivas.

3.2.6 *Década de 1990*

Na década de 1990, o mesmo tipo de estudo predominante nas décadas de 1970 e 1980 foi encontrado, a saber, investigações sobre os padrões de utilização de recursos. A divergência acerca do papel da competição também se manifestou aqui, mas a tendência de considerar que a competição e outros mecanismos, como, por exemplo, processos em escala regional e efeitos históricos, interação de forma complexa na estruturação das comunidades se acentuou. Dos 6 artigos que abordavam a utilização de recursos, em apenas 2 se considerava que a competição era o principal processo produzindo os padrões observados, enquanto nos quatro restantes se levantava a possibilidade de influência de outros processos ecológicos. Os demais artigos se debruçavam sobre outros problemas ecológicos: o efeito das perturbações e da introdução de predadores sobre as comunidades, e a ocorrência de interações agressivas entre espécies com populações simpátricas e alopátricas. Nesta década, três artigos testaram hipóteses acerca dos processos que influenciavam na estrutura das comunidades, mas apenas um deles utilizou abordagem experimental.

3.2.7 *De 2000 a 2002*

No período de 2000 a 2002, foram identificados três trabalhos que realizavam teste de hipótese. Nesse período, pôde-se observar ainda mais claramente a retomada de teorias sobre mecanismos históricos e regionais, em detrimento de processos ecológicos locais, nas explicações dos padrões de estruturação das comunidades. Os processos ecológicos locais envolvem, principalmente, interações entre as espécies nas comunidades, como a competição, a predação e o parasitismo. Sendo assim, observa-se uma diminuição relativa da importância da teoria da competição na explicação dos padrões de distribuição e abundância das espécies nas comunidades de lagartos. O papel dos fatores históricos e geográficos passou a ocupar o centro das discussões, especialmente nos trabalhos que investigavam os mecanismos de determinação da diversidade nas comunidades, embora

não tenha sido abandonada a idéia de que as interações locais possam exercer alguma influência.

3.3 Análise do grupo de referência

Foram analisados 40 dos 57 trabalhos mais citados de 1940 a 2002. O total de artigos mais citados não corresponde a 70, como esperado, porque alguns artigos figuraram entre os mais citados repetidamente em duas, três, ou até mesmo quatro décadas. A aquisição dos artigos do grupo de referência esteve sujeita às mesmas restrições sofridas quando da aquisição dos trabalhos para a construção do banco de citações. Além disso, foram excluídos dos grupos de referência de cada década artigos cujo tema se centrava obviamente na sistemática, taxonomia ou biogeografia de grupos animais outros que não os lagartos.

Na Tabela 3, pode-se observar a freqüência dos diferentes tipos de referenciamento realizados pelos trabalhos do grupo amostral ao citar os trabalhos do grupo de referência. Para a realização dessa análise nas décadas de 1960 ao período de 2000 a 2002, foram utilizados todos os 40 trabalhos sorteados para a composição do banco de citações.

Tabela 3. Freqüência das modalidades de referenciamento das citações dos trabalhos do grupo de referência. Cada trabalho do grupo amostral pode citar nenhum ou vários dos trabalhos mais citados de cada década, e de maneiras diferentes.

Década	No. de citações do grupo de referência	No. de possíveis hipóteses identificadas	Freqüência das modalidades de referenciamento no grupo amostral		
			Empírico	Teórico	Método-lógico
1940	21	2	16	2	0
1950	26	11	7	0	0
1960	36	18	14	6	0
1970	59	40	17	10	0
1980	82	30	24	16	4
1990	71	34	20	9	1
2000-2002	30	47	12	10	0

Na coluna “No. de citações do grupo de referência”, observa-se as frequências em que os trabalhos do grupo de referência apareceram nas referências bibliográficas dos 40 artigos sorteados em cada década para a construção do banco de citações. Na coluna “No. de possíveis hipóteses identificadas”, indicamos a quantidade de proposições que poderiam ser utilizadas como hipóteses de trabalho, dentre as afirmações e conjecturas presentes nas publicações mais citadas. Apesar do grande número de proposições identificadas, apenas uma publicação na década de 1970, 4 publicações da década de 1980, 2 publicações da década de 1990 e 4 publicações do período de 2002 a 2002 utilizaram tais proposições explicitamente como hipóteses de trabalho, ou como parte do raciocínio que levou à formulação de hipóteses originais. Como exemplo de proposições identificadas que poderiam ser utilizadas como hipóteses de trabalho, sendo consideradas, portanto, de potencial heurístico, são citadas abaixo 6 proposições formuladas por Thomas Schoener (1974), do total de 33 proposições destacadas daquela publicação. Estas proposições relacionam-se entre si, culminando especialmente nas duas últimas, em que se delineia uma situação produzida por interações competitivas:

Proposição 1: A competição deve resultar numa dispersão regular e generalizada de nichos, em oposição a um padrão randômico.

Proposição 2: Presas de tamanho grande devem ter menor disponibilidade que presas de tamanho intermediário ou pequeno.

Proposição 3: Por causa dessa baixa disponibilidade, espécies grandes têm que aumentar a variância de tamanhos de sua dieta.

Proposição 4: O aumento da variância deve aumentar também a sobreposição e a competição com vizinhos de nicho.

Proposição 5: Assim, espécies grandes, que dependem de itens alimentares grandes, devem espaçar-se mais amplamente que espécies pequenas na dimensão do nicho alimentar, para compensar a maior sobreposição das dietas.

Proposição 6: Num sistema competitivo, à medida que aumenta o número de espécies, aumenta também o número de dimensões a serem segregadas para manter a sobreposição mínima. Esta proposição seria falsa caso o sistema se organizasse ao acaso.

4 DISCUSSÃO

A análise relatada neste estudo seguiu um protocolo simples, em que foi estabelecido um universo de interesse (artigos publicados em cada década resgatados pela *Web of Science* e *Zoological Records*), a partir do qual se realizou um esforço relativamente grande de amostragem, completamente randomizada. A utilização de amostragem aleatória simples mostrou-se mais adequada que uma amostragem estratificada porque a definição dos grupos foi feita de acordo com um critério temporal, o que resultou em grupos não necessariamente homogêneos em relação às variáveis de interesse.

Uma amostragem estratificada exige que a variação interna nos estratos seja menor que a variação entre os estratos; no entanto, uma vez que o comportamento das variáveis de interesse não era conhecido *a priori*, a estratificação implicaria em um viés metodológico relacionado à estimativa da variabilidade dos dados coletados. A amostragem completamente aleatória, por outro lado, é em geral não-enviesada, o que contribui para sua representatividade. A amostragem utilizando-se décadas como grupos permitiu a detecção de tendência temporal dos dados, e especialmente da sucessão de teorias utilizadas como referenciais teóricos para o estudo das comunidades de lagartos. O agrupamento dos dados em qualquer unidade temporal é arbitrária; contudo, o uso de décadas como unidades temporais permitiu a avaliação de uma quantidade relativamente grande de artigos por unidade (40; 10) e de uma quantidade razoável de unidades (7 décadas) para se detectar um padrão temporal. Além disso, sendo a abordagem completamente qualitativa, o exame das 10 publicações de cada década, sorteadas aleatoriamente dentre os trabalhos do grupo amostral, exigiu uma análise detalhada e rigorosa das informações.

Esta análise complexa permitiu relacionar os mais diversos protocolos metodológicos e interpretações teóricas contidas nas publicações ao corpo de referenciais teóricos da ecologia em geral. Dado que as variáveis de interesse são qualitativas e resultam da interação de diversos elementos cognitivos, é evidente que será verificada grande variabilidade entre pesquisadores, trabalhos e períodos históricos, mas não é possível estimar erro de amostragem uma vez que não foi calculado nenhum parâmetro estatístico. Sendo assim, o exame detalhado de 10 trabalhos de cada década, totalizando 70 publicações amostradas aleatoriamente, representa o esforço máximo de análise da pesquisa, dados seus limites de recursos.

Os principais resultados que emergem deste estudo são os seguintes:

- (1) a baixa frequência de trabalhos que realizam testes de hipóteses de causalidade acerca dos mecanismos que estruturam as comunidades de lagartos;
- (2) a aparente ocorrência de pelo menos duas mudanças nos referenciais teóricos utilizados pelos autores ao longo das décadas; e
- (3) a utilização dos trabalhos mais citados de cada década predominantemente como referenciais empíricos, apesar da identificação de numerosas proposições que poderiam servir para a formulação de hipóteses a serem testadas.

Estudos empíricos que continham testes de processos se mostraram raros ao longo das sete décadas analisadas, sendo identificados apenas a partir da década de 1980, ao passo que aqueles destinados à detecção de padrões proliferaram. Embora estudos com o objetivo de descrever e analisar padrões naturais sejam importantes por fornecerem informações imprescindíveis sobre os sistemas estudados, o simples acúmulo destas não conduz necessariamente a um aumento do conteúdo empírico das teorias. Além disso, testes acerca das causas dos fenômenos têm o poder de discriminar entre explicações teoricamente adequadas ou não. Apenas este tipo de resultado poderá converter-se de fato em evidência convincente, apontando para a manutenção e o aperfeiçoamento do conteúdo teórico existente, ou para a necessidade de sua substituição. Robert K. Swihart, John B. Dunning e Peter M. Waser, realizando também uma avaliação de trabalhos publicados na revista *Ecology*, buscaram testar a hipótese de que os ecólogos se concentram predominantemente em perguntas do tipo “o quê?” (Swihart, Dunning & Waser, 2002), típicas de trabalhos descritivos, ao invés de se concentrarem em perguntas do tipo “como?” e “por quê?”, características de trabalhos que propõem explicações causais. Estes autores chegaram à conclusão de que o tipo de trabalho convencional publicado no periódico mais importante do campo de fato busca identificar, confirmar ou sintetizar o conhecimento a respeito de padrões, sugerindo apenas ocasionalmente um processo que poderia produzi-los.

A escassez de testes a respeito dos processos causais dos fenômenos observados parece não haver impedido, contudo, que os referenciais teóricos utilizados pelos ecólogos mudassem ao longo do tempo. A mudança de referenciais teóricos parece não ter sido ocasionada pela refutação dos referenciais superados, como resultado de sucessivos testes de sua adequação explicativa. Durante a leitura dos trabalhos do grupo amostral, tornou-se evidente a sucessão de dominância das idéias no pensamento da comunidade de ecólogos investigada. Podem ser reconhecidos três períodos

distintos: um marcado pelas interpretações e teorias biogeográficas; o seguinte, pelas interações ecológicas locais; e o último caracterizado por uma união dos dois pontos de vista anteriores.

Embora a análise conduzida neste estudo possa ser considerada limitada, dado o número de trabalhos e a delimitação da análise a publicações acerca de ecologia de comunidades de lagartos, transições similares nos referenciais teóricos utilizados pelos ecólogos já foram apontadas por outros autores, como, por exemplo, Sharon E. Kingsland (1985), Schoener (1982) e Robert E. Ricklefs (1987).

Kingsland desenha um cenário similar ao encontrado aqui, tanto em termos das idéias que figuram ao longo da história do desenvolvimento do conhecimento ecológico quanto em relação à cronologia de sua evolução. Esta autora narra o surgimento e a consolidação da abordagem enfatizando a determinação da estrutura das comunidades através de mecanismos locais, ou seja, interações ecológicas, desde a formação da ecologia como ciência, no final do século XIX, até 1970 (Kingsland, 1985). A partir das primeiras décadas de pesquisas ecológicas, marcadas pela ecologia clementiana, nas décadas de 1910 e 1920, passando pelo desenvolvimento dos modelos matemáticos de crescimento populacional e de competição e predação, na década de 20 a 50, a ecologia das interações locais finalmente se estabeleceu como um promissor programa de pesquisa nas décadas de 1960 e 1970. Antes disso, os padrões de diversidade eram explicados através de hipóteses históricas, de maneira então considerada satisfatória (McIntosh, 1985, *apud* Ricklefs, 1987).

Schoener (1982), por sua vez, estabelece uma cronologia semelhante à de Kingsland (1985), afirmando que a tradição de pesquisa que poderíamos chamar de “programa das interações”, que enfatizava a importância das interações ecológicas na estruturação das comunidades, se estruturou ao longo de aproximadamente 30 anos. Para estes dois autores, portanto, esse desenvolvimento pode ser reconhecido pelo menos desde a década de 50, enquanto que no presente estudo a predominância de explicações provenientes do programa de interações se deu apenas a partir da década de 1970. No entanto, esse desacoplamento é explicado porque os trabalhos de Kingsland (1985) e Schoener (1982) analisam publicações dos pesquisadores que lideravam a ecologia de comunidades, definindo os cursos da pesquisa dentro desse campo.

Neste trabalho, a realização de uma amostragem aleatória intencionalmente evitou concentrar a análise nos trabalhos e periódicos considerados mais importantes, de modo a investigar como o conhecimento ecológico

foi construído na comunidade de pesquisa como um todo. Sendo assim, parece natural que os primeiros desenvolvimentos de um programa de pesquisa apareçam inicialmente na produção dos pesquisadores que o lideraram, e que depois se espalhem para a comunidade científica como um todo, à medida que essa comunidade adere ao programa. Finalmente, a partir da década de 1980, alguns autores começam a defender a necessidade da ampliação da escala de compreensão dos fenômenos ecológicos, e a reconsideração da influência de fatores históricos e biogeográficos na composição das comunidades (por exemplo, Ricklefs, 1987; Hubbell, 1997). A necessidade de ampliar a escala dos estudos ecológicos é defendida, por exemplo, no artigo de John H. Lawton, em que o autor argumenta a favor das vantagens de abordagens chamadas “macroecológicas”, resultantes de uma “combinação de ecologia, biogeografia e evolução” (Lawton, 1999, p. 183) em relação a abordagens de comunidades locais. Dessa forma, verifica-se mais uma vez a concordância entre os resultados alcançados neste estudo e as transições nos referenciais teóricos discutidas na literatura.

Apesar dos poucos testes de hipóteses de causalidade, a abundância de proposições que pudessem ser utilizadas na formulação de hipóteses identificadas nos trabalhos do grupo amostral, como evidenciado pela Tabela 3, sugere a existência de uma abundante reflexão teórica na ecologia de comunidades de lagartos. Estas proposições poderiam ser consideradas como um elemento heurístico positivo, pois consistiam em indicações, por parte dos proponentes, de vias de pesquisa capazes de adicionar conhecimentos acerca de aspectos pontuais das teorias sobre os processos que estruturam as comunidades. No entanto, os produtos dessa reflexão teórica apenas em poucos casos se viram refletidos nos trabalhos empíricos. Caso as citações dos trabalhos do grupo de referência indicassem a utilização de evidências e idéias já publicadas na construção de hipóteses, cujo teste contribuisse para o aperfeiçoamento de conceitos, teorias e modelos, poderia ser estabelecida a série de proposições e testes que geralmente caracteriza da prática científica. Contudo, poucos trabalhos se referiram aos artigos do grupo de referência dessa maneira.

Em todas as décadas, a maioria utilizou o grupo de referência como exemplos de trabalhos com abordagem, grupo taxonômico ou localidade semelhante. Da mesma maneira, a falta de diálogo entre as produções empíricas e teóricas na ecologia como um todo já foram assinaladas por diversos autores (por exemplo, Weiner, 1995; Smith, 2000; Krebs, 2006, citado acima). Para Jacob Weiner, por exemplo, “parece haver uma força centrí-

fuga na ecologia que mantém a teoria e os dados afastados entre si e do que estamos tentando entender” (*ibidem*, 1995, p. 156). A mesma preocupação é expressa de outra forma por Jim Smith: “apesar da literatura científica estar repleta de modelos matemáticos, estes são raramente aplicados e testados por meio de previsões formais acerca do comportamento real dos sistemas ambientais” (Smith, 2000, p. 293).

A utilização de hipóteses de trabalho na ecologia foi também avaliada por Paul Grogan, que examinou trabalhos publicados nos volumes de 2004 de diversos periódicos da área, entre eles *Ecology*, *Oikos* e *Journal of Ecology*, detectando a utilização de hipóteses explicitamente especificadas em cerca de 44% dos trabalhos analisados naquele ano (Grogan, 2005). Para este autor, contudo, a ausência de hipóteses explícitas pode indicar não uma disjunção entre a produção teórica e a empírica na ecologia, mas simplesmente a possibilidade de que os pesquisadores não considerem útil ou necessária a formalização das hipóteses. Uma outra possibilidade é que os pesquisadores adotem posturas indutivistas ingênuas (ver Chalmers, 1993), considerando que precisam conduzir as pesquisas sem a interferência de idéias pré-concebidas e por isso descartando o uso de hipóteses.

Qualquer que seja o caso, trata-se de uma constatação também alarmante já que, como afirmado pelo próprio autor, a proposição de hipóteses explícitas permite a avaliação da lógica e dos pressupostos do raciocínio envolvido na sua formulação, bem como a identificação dos recursos, tratamentos estatísticos e métodos necessários ao seu teste. Sendo assim, pode-se considerar que a explicitação de hipóteses tem o potencial de elevar o rigor teórico e metodológico da pesquisa empírica; resta saber quais as conseqüências, para a ecologia, da baixa freqüência dessa explicitação. Neste trabalho, não foi possível avaliar a utilização de hipóteses ou outros construtos de potencial heurístico na produção teórica do campo, embora seja presumido que aqui também seja imprescindível a explicitação clara dos elementos que compõem a argumentação.

O conjunto desses resultados sugere que, pelo menos no campo da ecologia de comunidades de lagartos, há um hiato entre as produções empíricas e teóricas, refletido tanto na escassez de trabalhos empíricos com testes de hipóteses, quanto na utilização dos trabalhos mais citados principalmente na discussão de padrões empíricos. Como conseqüência, é possível que o desenvolvimento do conhecimento na ecologia de comunidades de lagartos tenha se dado sem que as teorias ecológicas fossem exploradas de modo aprofundado. O cenário que se insinua é o de uma superação de programas de pesquisa devido à degeneração empírica, ocasionada pelo

pouco sucesso na produção de evidências empíricas poderosas, que representassem instâncias de confirmação dos referenciais teóricos ou que fossem capazes de sugerir modificações que aumentassem o conteúdo empírico desses referenciais. A investigação dessas sugestões requer, no entanto, esforços de pesquisa histórica e epistemológica com esse objetivo específico, inclusive ampliando o objeto de estudo para abarcar todo o campo da ecologia de comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERRYMAN, Alan A. On principles, laws and theory in population ecology. *Oikos* **103** (3): 695-701, 2003.
- CARTWRIGHT, Nancy. *How the laws of physics lie*. Clarendon: Oxford, 1983.
- CHALMERS, Alan F. *O que é ciência afinal?* Tradução por Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CITTADINO, Eugene. Ecology and the professionalization of botany in America, 1890-1905. *Studies in History of Biology* **4**: 171-198, 1980.
- COLYVAN, Mark; GINZBURG, Lev R. Laws of nature and laws of ecology. *Oikos* **101** (3): 649-653, 2003.
- COWLES, Henry C. Present problems in plant ecology: The trend of ecological philosophy. *The American Naturalist* **43** (510): 356-368, 1909.
- FORD, E. David; ISHII, Hiroaki. The method of synthesis in ecology. *Oikos* **93**: 153-160, 2001.
- GHILAROV, Alexei M. The changing place of theory in 20th century ecology: from universal laws to array of methodologies. *Oikos* **92** (2): 357-362, 2001.
- GROGAN, Paul. The use of hypotheses in ecology. *British Ecological Society Bulletin* **36** (1): 43-47, 2005.
- HAGEN, Joel B. Research perspectives and the anomalous status of ecology. *Biology and Philosophy* **4**: 433-455, 1989.
- HANSSON, Lars-Anders. Why ecology fails at application: should we consider variability more than regularity? *Oikos* **100**: 624-627, 2003.

- HUBBELL, Stephen P. A unified theory of biogeography and relative species abundance and its application to tropical rain forests and coral reefs. *Coral Reefs* **16** (suppl.): S9-S21, 1997.
- HUEY, Raymond B.; PIANKA, Eric R.; SCHOENER, Thomas W. *Lizard ecology: studies of a model organism*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- KINGSLAND, Sharon E. *Modeling Nature: Episodes in the history of population ecology*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.
- KREBS, Charles J. Ecology after 100 years: progress and pseudo-progress. *New Zealand Journal of Ecology* **30** (1): 3-11, 2006.
- LAWTON, John H. Are there general laws in ecology? *Oikos* **84**: 177-192, 1999.
- O'CONNOR, Raymond J. Why ecology lags behind biology. *The Scientist* **14** (20): 35, 2000.
- PETERS, Robert H. *A critique for ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- PIGLIUCCI, Massimo. Are ecology and evolutionary biology "soft" sciences? *Annales Zoologici Fennici* **39**: 87-98, 2002.
- RICKLEFS, Robert E. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* **235**: 167-171, 1987.
- SCHOENER, Thomas W. Resource partitioning in ecological communities. *Science* **185**: 27-38, 1974.
- . The controversy over interspecific competition. *American Scientist* **70**: 586-595, 1982.
- SHRADER-FRECHETTE, Kristin S.; McCOY, Earl D. Applied ecology and the logic of case studies. *Philosophy of Science* **61**: 228-249, 1994.
- SIMBERLOFF, Daniel. Community ecology: is it time to move on? *The American Naturalist* **163** (6): 787-799, 2004.
- SMITH, Jim. Nice work – but is it science? Untestable ecological theory won't help solve environmental problems. *Nature* **408**: 293, 2000.
- SWIHART, Robert K.; DUNNING, John B.; WASER, Peter M. Gray matters in ecology: dynamics of pattern, process, and science.

tific progress. *Bulletin of the Ecological Society of America* **83**: 149-155, 2002.

TURCHIN, Peter. Does population ecology have general laws? *Oikos* **94**: 17-26, 2001.

WEINER, Jacob. On the practice of ecology. *Journal of Ecology* **83**: 153-158, 1995.

Lamarck, evolução orgânica e tempo: algumas considerações

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins*
Ana Maria Haddad Baptista**

1 INTRODUÇÃO

Jean Pierre Baptiste Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829), defendeu a partir de 1800, a idéia de que as espécies vegetais e animais haviam surgido através de sucessivas transformações ao longo do tempo. Suas concepções sobre evolução orgânica se encontram nas diferentes versões de sua obra evolucionista: nos quatro *Discours d'ouverture* que proferiu na abertura de diferentes cursos de Zoologia oferecidos aos alunos do *Muséum d'Histoire Naturelle* de Paris: *Discours de l'an VIII* (1800); *Discours de l'an X* (1802); *Discours de l'an XI* (1803) e 1806; no *Système des animaux sans vertèbres* (1801); nas *Recherches sur l'organisation des corps vivans* (1802); nos dois volumes da *Philosophie zoologique* (1809); no primeiro volume da *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* (1815) e finalmente em sua obra de síntese, o *Système analytique des connaissances positives de l'homme* (1820).

Em outras obras que publicou, como a *Hydrogéologie* (1802), Lamarck apresentou sua teoria geológica, que é fundamental para a compreensão de sua teoria da *progressão* dos animais¹ já que ele admitia que são as modifica-

* Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP); Grupo de História e Teoria da Ciência, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); pesquisadora do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Caixa Postal 6059, 13083-970. Campinas, SP. E-mail: lacpm@uol.com.br

** Programa e Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP); E-mail: anamhb@terra.com.br

¹ Este era um dos termos que o próprio Lamarck utilizava para se referir à sua teoria.

ções nas circunstâncias do ambiente que levam os corpos vivos a adquirirem novos hábitos, que por sua vez vão levar à modificação das partes do corpo e órgãos e constituir, com o decorrer do tempo, novas espécies. Albert Carozzi comentou a respeito da contribuição de Lamarck para a Geologia:

Embora tais teorias geológicas de Lamarck não tenham a magnitude daquelas que imortalizaram seu nome em biologia, elas são de grande importância, pois representam a base a partir da qual seus conceitos biológicos se originaram e evoluíram. (Carozzi, 1964a, p. 297)

O objetivo deste estudo é averiguar de que modo o tempo aparece na teoria de evolução orgânica de Lamarck; se houve modificações em seu pensamento a esse respeito, nas diferentes versões de sua teoria; se existem diferenças entre sua contribuição e outras propostas da época; bem como qual era a concepção de temporalidade que aparece em sua obra.

2 CONCEITOS DE TEMPO

O tempo é uma categoria que foi e pode ser tratada a partir de inúmeras perspectivas. O tempo pode ser pensado como alguma coisa externa aos fenômenos, ou como uma propriedade dos fenômenos do universo e, desta forma, seria uma categoria exterior ao homem.

Quando um estudioso trata das transformações da natureza, ele utiliza (implícita ou explicitamente) algum conceito de tempo. Isso é inescapável visto que o tempo, queira-se ou não, está ligado a praticamente tudo.

Os principais conceitos de tempo já aparecem nos trabalhos dos pensadores da Antigüidade. Sabe-se, por exemplo, que Heráclito já havia pensado sobre o tempo enquanto um fluir, algo que nunca pára (Kirk, Raven & Schofield, 1983, p. 183; Baptista, 2007, pp. 27-28). Alguns deles imaginaram o tempo como dotado de um início ou de um fim. Outros, como algo eterno (infinito no passado e/ou no futuro). Dentro dessa perspectiva, o tempo nunca teria tido um início, sempre teria existido, assim como jamais teria um fim. Esta concepção aparece, por exemplo, no *Sobre o céu* de Aristóteles (Aristotle, 1952, livro II, cap. 1, 283^b 26-34).

O tempo pode ser pensado como cíclico (fenômenos que se repetem) como em Platão (Plato, 1952, pp. 586-587). Geralmente, tal concepção se liga ao movimento dos astros e a determinadas periodicidades mais visíveis na natureza como, por exemplo, nascimento e morte. O tempo pode tam-

bém ser concebido como linear, dotado de um sentido único (sem repetição de fenômenos).

Pode-se também pensar sobre um tempo homogêneo ou estático, no qual nada muda. Tal categoria está conectada, naturalmente, a um conceito de imobilidade e de fixidez. Muitas vezes, em uma mesma teoria científica, há uma combinação de diversos conceitos de tempo, cada um deles se aplicando a um aspecto da teoria.

3 O TEMPO BÍBLICO

Na visão religiosa (bíblica) que era a mais comum na Europa no século XVII e parte do século XVIII percebemos vários aspectos do tempo, tais como:

- Deus era eterno, estava fora do tempo (não sofria qualquer mudança)
- O universo teve um início, sofreu uma rápida transformação (os “seis dias” da criação)² e depois sua estrutura permaneceu imutável, mas sofrerá futuramente nova mudança e será destruído.
- Os seres vivos, na concepção bíblica, não existiram, foram criados e receberam a ordem divina de se multiplicar sempre segundo sua espécie.
- Cada animal ou planta repete o ciclo de nascimento, crescimento, reprodução, envelhecimento, morte; mas cada espécie é constante e imortal.

4 A GEOLOGIA NOS SÉCULOS XVII E XVIII

Desde o século XVII os estudos mineralógicos e geológicos haviam mostrado a existência de uma grande sucessão regular de estratos na Terra. No entanto, seu significado era ainda muito discutido.

Alguns autores do século XVII, como René Descartes (1596-1650), propuseram que a Terra havia se formado gradualmente por processos naturais e que sua crosta havia sofrido mudanças profundas (Descartes, 1971, pp. 201-202). Por outro lado, em 1696 William Whiston (1667-1752) publicou o livro *A new theory of the Earth*, onde utilizava as evidências geológicas existentes como argumentos a favor do Dilúvio Universal descrito na

² Durante o século XVII e boa parte do século XVIII a interpretação literal dos seis dias da criação foi bastante aceita na Europa. No final do século XVIII, porém, os seis dias da criação passaram a ser interpretados como sendo de duração indeterminada como aparece em Hutton, por exemplo (Ellenberger, 1999, pp. 37-38).

Bíblia. Segundo Ernst Mayr, ele procurou interpretar a história da Bíblia em termos da física newtoniana, propondo que o Dilúvio seria o resultado da aproximação de um cometa (Mayr, 1982, p. 314).

Para aqueles que interpretavam a Bíblia literalmente, a Terra e os seres vivos existiam há apenas 6.000 anos e a natureza não havia mudado desde então. No final do século XVII, a admissão de que o tempo geológico era de milhões de anos, era considerada geralmente como dotada de um caráter subversivo. Tal concepção se encontrava na obra dos chamados “livre pensadores” (“libertinos”), dentre as quais se inclui a obra anônima *L'espion du Grand Seigneur dans les cours des princes chrétiens ... ou L'espion Turk*, provavelmente escrita por um certo G. P. Marana, protegido de Luis XIV (Ellenberger, 1999, p. 37).

No século XVIII a visão de que os seres vivos existiam há apenas 6.000 anos foi questionada por autores como Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788). Em seu livro *Les époques de la nature* (1778) ele defendeu a formação da Terra por um processo natural: um cometa teria atingido o Sol fazendo com que porções de matéria em estado de fusão fossem ejetadas condensando-se e constituindo globos, dentre os quais estaria a Terra (Gohau, 1971, pp. xiii-xiv; Huggett, 1989, p. 55). No texto definitivo do *Époques de la nature* Buffon atribuiu à Terra uma idade de cerca de 75.000 anos³ (Gohau, 1971, p. xxii). Nesta época ele chegou à conclusão de que o calor teve um importante papel tanto nos estágios iniciais como nos estágios mais tardios da formação da Terra (Roger, 1962; Laudan, 1987, p. 69). De acordo com Richard Huggett, o trabalho de Buffon é particularmente interessante por constituir uma tentativa para explicar a história da Terra sem recorrer exclusivamente a eventos catastróficos e pode ser visto como uma transição entre catastrofismo e uniformitarismo⁴ (Huggett, 1989, p. 107). Buffon comentou:

³ Entretanto, de acordo com Jacques Roger, nos manuscritos da *Époques de la nature*, Buffon teria chegado a estimar a verdadeira idade da Terra como quase 3.000.000 de anos, levando em conta não apenas experimentos com resfriamento de esferas de ferro, mas também de sedimentação (Roger, 1962; Ellenberger, 1999, p. 27; Gohau, 1971, p. xxiii).

⁴ Conforme apontou David R. Oldroyd, os termos “catastrofistas” e “uniformitaristas” foram cunhados posteriormente no século XIX por William Whewell na resenha crítica do segundo volume do *Principles of geology* de Charles Lyell. Na ocasião Whewell tinha em mente especialmente as concepções geológicas de Cuvier (Oldroyd, 1996, p. 330). De acordo com Walter Cannon nos *Principles of geology* (1830-1833) Lyell, ao reviver e ampliar as idéias geológicas de Hutton, provocou a divisão dos geólogos ingleses em duas escolas opostas: uni-

Uma coisa sobre a qual devemos prestar atenção, e que confirma tudo o que acabamos de dizer sobre a formação das camadas através do movimento e sedimentação das águas, é que todas as outras causas da revolução ou de mudanças no globo terrestre não podem produzir os mesmos efeitos. As montanhas mais elevadas são compostas por camadas paralelas do mesmo modo que as planícies mais baixas. (Buffon, 1750, p. 80)

No final do século XVIII havia diferentes hipóteses sobre as transformações da crosta terrestre. Os *plutonistas*, liderados por James Hutton (1726-1797), defendiam que a transformação das rochas sedimentares tinha ocorrido pela ação do calor, efeitos dos vulcões, etc. Já os *netunistas*, liderados por Abraham Gottlob Werner (1749-1817), enfatizavam a transformação das rochas sedimentares através da ação da água (Meunier, 1911, p. 346).

Pode-se dizer que não existia um acordo sobre qual seria o processo mais importante, nem sobre as mudanças que haviam ocorrido na Terra. No entanto, ambas as partes concordavam que era necessário um tempo muito longo para a transformação da superfície terrestre.

Hutton (1795), embora fosse deísta, considerava grandes durações para o seu sistema: “Milhões de idades”. Werner (1787) postulava “durações enormes” para a precipitação de suas rochas primitivas. Em um manuscrito, escreveu: “1.000.000 anos” (Ellenberger, 1999, pp. 40-41). Estes e outros exemplos mostram que a necessidade de durações geológicas longas refletia um movimento coletivo do pensamento europeu ocorrendo na França, Alemanha, Inglaterra, mesmo entre aqueles que admitiam que as espécies eram fixas ou eram guiados por crenças religiosas (Ellenberger, 1999, pp. 40-42).

5 VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES

Até a época de Lamarck, a maioria dos estudiosos acreditava que as espécies eram fixas e que as variações no ambiente poderiam produzir apenas pequenas mudanças, dentro de certos limites, criando variedades. Carl Linné (1707-1778), por exemplo, durante a maior parte de sua vida considerou que as espécies eram fixas e se mantinham tal como tinham sido produzidas no início do universo pelo Criador. No seu *Fundamenta botanica*, fez a afirmação que posteriormente se tornou um preceito no seu *Philoso-*

formitaristas e catastrofistas (Cannon, 1960, p. 38).

phia botanica de 1751: “As espécies são tão numerosas quanto as diferentes formas que foram criadas no início” (Stubbe, 1972, p. 97).

Inspirado por suas crenças religiosas Linné comentou: “Tanto a Sagrada Escritura quanto a Ciência Natural ensinam que houve uma única criação; um só Paraíso que foi não somente a moradia do homem, mas de todos os animais” (Linné, 1972, p. 141; ver Martins, 1993, p. 100).

No final de sua vida, Linné transferiu esta concepção para os gêneros (Martins, 1993, p. 99). Suas dúvidas começaram quando ele visitou a Holanda e teve a oportunidade de observar monstruosidades e variações induzidas artificialmente nos jardins de Clifford em Hartecamp. Entretanto, ele acreditava que essas formas tinham duração transitória. Porém, em 1742 quando encontrou uma planta do gênero *Linaria* com flores actinomórficas, que ele chamou de *Peloria* e constatou que *Peloria* era fértil e produzia descendentes que eram semelhantes a ela, começou a mudar de idéia (Stubbe, 1972, p. 98). Após ter obtido, através de fertilização artificial um híbrido entre duas espécies de *Trapogon*, ele concluiu que diferentes espécies de um dado gênero, foram originalmente membros de uma única espécie e depois surgiram através de hibridação. Em uma carta para Back ele escreveu:

Podemos assumir que Deus fez uma coisa antes de fazer duas, duas antes de fazer quatro; primeiro criou todos os simples, e então os compostos: primeiro uma única espécie a partir do gênero, e então misturou os diferentes gêneros e então novas espécies se desenvolveram. (carta de Linné para Bäck, *apud* Stubbe, 1972, p. 98)

Nesse sentido, o tempo, na concepção de Linné (considerando suas duas fases) não altera as espécies (ou os gêneros) de animais e plantas. Em ambos os casos trata-se de uma concepção *fixista*, em que o tempo é homogêneo (sem mudanças), no que se refere à estrutura dos seres vivos. Só ocorreriam mudanças pela intervenção divina.

Georges Cuvier (1769-1832), coetâneo de Lamarck, era também fixista, mas acreditava que o globo terrestre teria passado por grandes revoluções, que teriam destruído as espécies existentes, sendo então criadas novas espécies por Deus. As revoluções geológicas teriam sido numerosas e súbitas sendo que algumas seriam anteriores ao aparecimento dos seres vivos na Terra (Cuvier, 1826, p. 172). Sob o ponto de vista empirista, que predominou no início do século XIX, as evidências oferecidas pelo registro fóssil eram bastante valorizadas. Lacunas neste registro eram interpretadas como lacunas na seqüência da deposição. Assim, Cuvier interpretou as

maiores lacunas no registro paleontológico como resultado das grandes revoluções do globo (Oldroyd, 1996, p. 132).

Nem todos os geólogos do início do século XIX, entretanto, concordavam com a visão catastrofista de Cuvier. James Hutton e Charles Lyell, por exemplo, apresentaram argumentos contrários à mesma (Oldroyd, 1996, p. 134; ver Gerstner, 1968; Rudwick, 1970 e Cannon, 1960, por exemplo).

Embora o tempo, para Cuvier, fosse mais dinâmico do que no caso de Linné, em ambos os casos o surgimento de novas espécies ou gêneros de seres vivos só ocorre por intervenção divina. O tempo *da natureza* é, portanto, homogêneo (não produz mudanças nas espécies e/ou gêneros).

6 A VISÃO DE LAMARCK

Apesar de ter havido muita discussão sobre o assunto, na época em que Lamarck desenvolveu seu trabalho, ainda não existia consenso em relação a vários aspectos tais como: as causas dos estratos geológicos; as fases pelas quais a Terra teria passado (história geológica); a existência de seres vivos diferentes, no passado; bem como a possibilidade de sua transformação.

Inicialmente, Lamarck tinha uma visão fixista. Porém, a partir de 1800 introduziu uma visão de um tempo natural dinâmico, na qual tanto a superfície da Terra quanto os seres vivos sofrem contínuas transformações⁵. Ele assim se expressou:

Nada permanece constantemente no mesmo estado na superfície do globo terrestre. Tudo com o tempo sofreu mutações diversas, mais ou menos rápidas, conforme a natureza dos objetos e circunstâncias. Os lugares elevados constantemente se degradam, e tudo o que se destaca é arrastado para os lugares mais baixos. Os leitos dos rios, dos córregos, mesmo os mares mudam de lugar, assim como os climas; em uma palavra, tudo na superfície terrestre muda pouco a pouco. (Lamarck [1802], 1986, pp. 97-98)

Lamarck associou as mudanças geológicas a alterações dos seres vivos:

Aqueles que observaram muito e consultaram as grandes coleções, puderam se convencer que à medida que as circunstâncias de habitação, de exposição, de clima, de hábito de vida, etc. venham a mudar, as características de tamanho, de forma, de proporção entre partes, de cor, de consistência,

⁵ Apresentamos uma visão geral da obra de Lamarck em Martins, 1993.

de duração, de agilidade e indústria para os animais, mudam proporcionalmente. (Lamarck [1806], 1907, p. 549)

Na *Philosophie zoologique* Lamarck assim se expressou: “com a ajuda de muito tempo e com a variação infinita das circunstâncias, a natureza pouco a pouco formou os diversos animais que conhecemos”. (Lamarck, 1809, vol. 1, p. 66).

Para Lamarck as mudanças seriam graduais e contínuas, e não uma sucessão de alterações bruscas, como no caso de Cuvier. Elas teriam causas naturais, e não sobrenaturais, como no caso dos que seguiam uma interpretação bíblica literal.

Segundo Lamarck, não haveria extinção e substituição das espécies animais antigas, como pensava Cuvier, e sim uma lenta transformação. Por isso, ele considerava que o próprio conceito de “espécie” era artificial – uma criação dos naturalistas – não correspondendo, portanto, ao que existe na natureza. Ele rejeitou, assim, o conceito de *essência* de cada tipo de animal, que existia desde a Antigüidade (Lamarck [1817], 1816-1819, vol. 10, pp. 446-447; Martins, 1993, pp. 160-163).

Lamarck aplicou seu conceito de um tempo natural dinâmico e contínuo à própria origem da vida. Rejeitando a idéia de um início sobrenatural dos seres vivos, ele optou pela visão de que a vida surgiu naturalmente. Segundo o naturalista francês, nem sempre existiram seres vivos na Terra. A vida teria começado na água e em lugares úmidos, formando seres extremamente simples, gelatinosos, através de geração espontânea (ver Martins, 1993, cap. 4). Ele procurou explicar a origem da vida através de fenômenos físicos (naturais) que eram conhecidos na época: forças de atração (atração universal) e forças de repulsão (calórico e eletricidade) (Lamarck [1815], 1835-1845, vol. 1, pp. 139-140; 142).

No início teriam se formado, independentemente, dois ramos de seres vivos, provenientes de formas extremamente simples: os vegetais a partir do *Mucor viriscidensis* e os animais a partir da *Monada termo*. Em uma das versões finais de sua teoria, ele explicou que a escala animal se inicia em dois ramos separados: um originado a partir dos infusórios e o outro a partir dos vermes intestinais (Lamarck [1815], 1835-1845, vol. 1, p. 455).

6.1 A evolução da vida

A geração espontânea, segundo Lamarck, existiu no começo e continuava existindo no início dos ramos animal e vegetal, que não se misturam

em nenhum ponto Esses indivíduos extremamente simples, com o tempo e condições favoráveis, deram origem a todos os outros:

A natureza, tendo formado diretamente os primeiros corpos vivos, quer dizer, os mais frágeis e os mais simples em organização [...]; tendo lhes dado a seguir a faculdade de reproduzirem eles próprios seus semelhantes; deu lugar, com o tempo, à existência das diferentes raças de corpos vivos. (Lamarck, 1820, p. 124)

Alguns indivíduos passavam para um nível superior de complexidade. Foram assim se formando diversos grandes grupos taxonômicos (“massas”). A transformação das espécies estaria sujeita a quatro leis que aparecem nas duas versões finais da teoria da progressão dos animais de Lamarck (ver Martins, 1997).

6.2 As mudanças geológicas

Nas obras em que tratou da progressão dos animais, Lamarck não discutiu detalhadamente as variações geológicas do globo terrestre que, segundo ele, seriam as principais causas da mudanças das espécies. Apresentou apenas considerações muito gerais, sem justificá-las:

Sabe-se que lugares diferentes mudam de natureza e de qualidade, em decorrência de sua posição, de sua composição e de seu clima. É o que se percebe facilmente percorrendo lugares diferentes [...] Mas o que frequentemente não se sabe, ou mesmo se recusa a acreditar, é que cada lugar em si muda com o tempo de exposição, de clima, de natureza e de qualidade, ainda que com uma lentidão tão grande comparada à nossa vida que faz com que lhe atribuamos uma *estabilidade perfeita*. (Lamarck [1806], 1907, p. 550)

O naturalista francês discutiu melhor os aspectos geológicos na *Hydrogéologie* (1802 – *An X*). Esta obra é bastante rara e possui apenas uma edição francesa (1025 cópias). Foi publicada 10 anos antes do *Discours préliminaire* de Cuvier às expensas de Lamarck. Houve somente apenas uma tradução alemã (1805) e uma tradução inglesa recente (1964). De acordo com Carozzi, isso fez com que o livro permanecesse desconhecido para a maioria dos geólogos e até mesmo para os historiadores da ciência (Carozzi, 1964b, p. vi). Pode-se dizer que a situação não mudou muito nas décadas que transcorreram desde a afirmação de Carozzi até agora.

Na *Hydrogéologie* Lamarck utilizou exemplos de fósseis encontrados nos estratos, para mostrar que há regiões que em tempos remotos foram cobertas pelo oceano; existe um movimento da bacia oceânica; as transfor-

mações ocorreram de forma lenta e gradual (visão uniformitarista da natureza). Ele esclareceu:

As únicas catástrofes que o naturalista pode admitir como razoáveis são as elevações locais e parciais geradas por agentes geograficamente restritos como erupções vulcânicas, furacões, enchentes locais e assim por diante. Essas catástrofes são aceitáveis razoavelmente porque são semelhantes àquelas que se observa realmente, e sua ocorrência é possível. Entretanto os efeitos da catástrofes locais são limitados. (Lamarck, 1802, p. 83)

Ele tinha clara noção da antigüidade da Terra como se pode perceber nas citações que se seguem: “Oh, como a Terra é antiga! E quão ridiculamente pequenas são as idéias daqueles que consideram que sua idade é 6.000 anos!” (Lamarck, 1802, p. 75). “Nós podemos apreciar agora a enorme duração do tempo e os milhares de séculos necessários para que a água do mar baixasse” (Lamarck, 1802, p. 88).

A longa duração da Terra era importante na sua teoria da progressão dos animais:

A grande idade da Terra parecerá maior para o homem quando ele entender a origem dos seres vivos e as razões para o seu desenvolvimento gradual e melhoria em sua organização. A antigüidade parecerá maior quando ele perceber a duração do tempo e as condições particulares necessárias para fazer existir todas as espécies viventes. (Lamarck, 1802, p. 89)

Na época da publicação da *Hydrogéologie* a controvérsia entre netunistas e plutonistas estava no auge. Apesar disso, Lamarck não participou da mesma. Ele visitou Freiberg em 1781, ocasião em que Werner proferia uma série de conferências que foram recebidas com entusiasmo. Porém, ao que tudo indica, embora privilegiasse a ação da água na transformação da superfície da Terra, Lamarck não teve contato com o líder dos netunistas. Por outro lado, conviveu com plutonistas como Barthélemy Faujas de Saint-Fond (1741-1819) ou Ansélme Gaëtan Desmarest (1756-1825) em Paris (Carozzi, 1964b, p. 5).

De acordo com Carozzi, sob alguns aspectos Lamarck poderia ser considerado netunista (papel das águas marinhas na construção da crosta terrestre e origem aquosa dos granitos e pórfiros). No entanto, não acreditava no oceano universal como Werner. Por outro lado, de modo análogo aos plutonistas, admitia a influência dos vulcões submarinos. Entretanto sua

teoria acerca da origem dos minerais⁶ permite excluí-lo dessas duas escolas (Carozzi, 1964b, p. 6).

Costuma-se citar algumas limitações da *Hydrogéologie*. Seu autor é acusado de não ter utilizado a estratigrafia para corroborar a transformação das espécies. Além disso, é censurado por não haver mencionado formas intermediárias de conchas entre a espécie fóssil e a atual que tinha à sua disposição, para corroborar a transformação das espécies (ver Gould, 1968, p. 42; Martins, 1993, pp. 266-267). No entanto, na época, os estudos estratigráficos ainda estavam pouco desenvolvidos. O conhecimento geológico se desenvolveu rapidamente na segunda década do século XIX, graças aos trabalhos de John Smith e outros (Laudan, 1977, p. 533).

7 A VISÃO DE CUVIER

É relevante comparar o pensamento de Lamarck ao de seu principal crítico. Cuvier, em obras publicadas no início do século XIX, aceitava parte dos novos conhecimentos geológicos mas mantinha alguns aspectos do pensamento religioso tradicional.

Ele admitia uma longa duração geológica, como se vê na primeira edição do seu *Discours préliminaire*, publicado em 1812: “A história dos milhares de séculos que precederam sua existência [...]” (Cuvier, *apud* Ellenberger, 1996, vol. 2, p. 40). De acordo com François Ellenberger, esta sentença foi apagada nas últimas edições desta obra e aparece na tradução inglesa de Jameson como “milhares de idades”⁷. Esse tempo seria preenchido por épocas sem transformações, separadas por mudanças bruscas (catástrofes, ou revoluções).

Cuvier procurou justificar cientificamente a existência do Dilúvio bíblico. Há cerca de 5.000 ou 6.000 anos teria ocorrido uma “revolução” e as águas do oceano teriam coberto a maior parte das terras habitadas por animais e homem, exceto algumas poucas regiões cujos habitantes teriam sobrevivido (Cuvier, 1826, p.12). Entretanto, ele não considerava que as evidências paleontológicas disponíveis fossem suficientes para que se ad-

⁶ Ver Martins, 2004, pp. 368-369.

⁷ Na época, a necessidade de longas durações geológicas refletia um movimento coletivo no pensamento europeu (Ellenberger, 1996, vol. 2, p. 40). Mesmo aqueles que aceitavam os seis dias bíblicos da criação atribuíam a eles uma duração indefinida.

mitisse que seres humanos tivessem vivido antes do Dilúvio ou que seres humanos tivessem perecido durante o Dilúvio (Oldroyd, 1996, p. 133).

Devido à disposição das camadas de rochas que continham fósseis, Cuvier admitia que os seres vivos não tinham surgido todos ao mesmo tempo. Ele assim se expressou:

Em primeiro lugar foi claramente apurado que os ovíparos quadrúpedes aparecem muito antes dos vivíparos; que eles são muito mais abundantes, maiores e mais variados, nos *strata* mais antigos do que na superfície do globo, como existem atualmente. (Cuvier, 1827, p. 95)

Apesar de reconhecer que havia fósseis de animais diferentes daqueles que existem hoje, não aceitava que tivesse ocorrido uma transformação progressiva dos animais. Admitia que as lacunas paleontológicas se deviam à extinção devido às grandes revoluções, porque se as espécies houvessem mudado gradativamente entre os *paleotheria* e as espécies atuais, deveria ser possível descobrir formas intermediárias, e isso não ocorria (Cuvier, 1826, p. 59). A seu ver, novas espécies teriam sido *criadas* para substituir as que haviam desaparecido.

Cuvier oferecia uma combinação bastante coerente de conhecimento científico e de tradição religiosa. Embora a visão de Lamarck possa parecer atualmente mais adequada do que a de Cuvier, foi esta segunda a concepção mais aceita na época.

8 CONCEITOS DE TEMPORALIDADE

Lamarck e os outros naturalistas da época não estavam preocupados com o conceito filosófico ou metafísico de tempo. No entanto, suas concepções sobre a natureza refletiam diversos conceitos de temporalidade, que devemos distinguir.

Os conceitos mais discutidos nas análises atuais sobre temporalidade são os de tempo linear e tempo cíclico. Como já vimos, o cíclico envolve repetições, uniformidade; e o linear, uma direção, como uma flecha, excluindo a repetição.

Embora admitindo que a concepção cíclica da temporalidade ainda mantém seu poder, Stephen Jay Gould afirma que “[...] a seta do tempo é o grande princípio da história, a afirmação de que o tempo avança inexoravelmente para a frente e que de fato não se pode entrar duas vezes no mesmo rio” (Gould, 1991, p. 65).

Segundo Paolo Rossi, existe uma tendência, que aparece especialmente no século XIX, em se conceber o tempo enquanto uma categoria de caráter linear, cumulativo e irreversível (Rossi, 2003, p. 121). Tal tendência de identificação está enraizada, numa concepção de superioridade européia em relação ao seu próprio passado e por um outro lado na confiança em relação ao devir. No entanto, também admite que tanto o tempo linear quanto o cíclico se encontram presentes no pensamento moderno.

As concepções de Lamarck e Cuvier são totalmente distintas, mas ambas poderiam ser classificadas como pertencendo a um tempo linear. Embora possa parecer que o tempo em Cuvier seja cíclico em relação às catástrofes não pensamos assim, uma vez que cada etapa, entre duas catástrofes, era diferente das outras.

9 OUTROS CONCEITOS DE TEMPORALIDADE

Para analisar adequadamente as concepções de Lamarck e de outros pensadores da época, não basta utilizar categorias como as de “linear” ou “cíclico”. É necessário utilizar uma gama mais rica de conceitos de temporalidade, que apareceram durante a análise dos casos estudados acima.

9.1 Tempo estático × dinâmico

Um “tempo estático” é aquele durante o qual um certo elemento da realidade não se altera. Um “tempo dinâmico” é aquele durante o qual ocorre uma mudança de um certo elemento da realidade.

Podem parecer contraditórios falar sobre um “tempo estático”, já que o tempo se refere normalmente a mudanças. No entanto, vimos que em alguns casos surge a idéia de que o tempo *não afeta a natureza* (por exemplo, não muda as espécies). Embora o tempo fosse dinâmico para Lamarck, no que se refere às espécies, era estático, para ele, quanto às leis da natureza.

9.2 Tempo contínuo × descontínuo

Um “tempo contínuo” é aquele durante o qual não ocorrem mudanças bruscas em certo elemento da realidade. Um “tempo descontínuo” é aquele durante o qual ocorre uma mudança brusca de um certo elemento.

As idéias de Lamarck são de um tempo fortemente contínuo. Não há mudanças bruscas da Terra, nem dos seres vivos, tudo muda gradualmente. Este é um contraste muito importante entre as idéias de Lamarck e as de Cuvier.

9.3 Tempo limitado × ilimitado

Um “tempo limitado” é aquele no qual se podem definir um início e/ou um fim para certo elemento da realidade. Um “tempo ilimitado” é aquele no qual não se podem definir um início e/ou um fim para certo elemento.

As visões religiosas criacionistas introduzem um tempo limitado para o universo e para a vida. Lamarck admitia a existência de Deus, e afirmava que Ele criou a matéria e as leis da natureza; mas não atribuiu a Deus, nem fixou um tempo determinado, para a origem da vida. Para ele, os processos naturais se desenrolam sempre, desde um início indefinido até um futuro indefinido, seguindo as mesmas leis.

9.4 Tempo ativo × passivo

Um “tempo ativo” é aquele em que certo elemento da realidade vai se modificando pela simples passagem do tempo (dinamismo interno). Um “tempo passivo” é aquele no qual só ocorrem mudanças em certo elemento se surgir uma influência especial, externa.

As teorias criacionistas e catastrofistas concebem a natureza como passiva, só sofrendo mudanças importantes sob a ação de Deus. Lamarck concebia a natureza como possuindo um dinamismo interno, um tempo natural ativo responsável pelas mudanças da crosta terrestre, pelo surgimento da vida e pela transformação dos animais e plantas.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As categorias aqui introduzidas permitem distinguir claramente o conceito de temporalidade de Lamarck em relação ao de Cuvier.

Lamarck atribuía uma temporalidade estática às leis da natureza e a todos os processos naturais, já que estes ocorrem hoje como ocorriam no passado. Para Cuvier, as leis da natureza e os processos naturais mudam com o passar do tempo, já que ocorrem catástrofes e processos de criação de novas espécies de seres vivos, por processos que não presenciamos atualmente.

Para Lamarck, o tempo é dinâmico naquilo que se refere ao surgimento da vida e suas transformações. A vida está sempre surgindo (geração espontânea) e os animais e plantas estão sempre mudando. Para Cuvier, a vida não é capaz de surgir sozinha, e as espécies não se transformam. Essas coisas permanecem estáticas, em cada período de tempo, entre as sucessi-

vas revoluções. Apenas em uma longa escala de tempo (incluindo várias revoluções) o tempo é dinâmico.

O tempo, para Lamarck, produz mudanças nos seres vivos de forma contínua, sem saltos. Para Cuvier, as mudanças ocorrem de forma descontínua (destruição e criação de novas espécies).

O tempo de Lamarck é ativo, há um dinamismo interno à natureza que produz suas mudanças. O tempo de Cuvier é passivo, a natureza não contém nela mesma um princípio capaz de originar a vida e alterar as espécies.

O tempo bíblico era limitado, com um início (criação do universo) e um possível fim (juízo final). A introdução de um “tempo longo” na geologia do século XVIII tornou o tempo natural praticamente ilimitado. Este era um ponto comum entre as idéias de temporalidade de Lamarck e as de Cuvier.

Lamarck manteve a mesma concepção no que se refere ao tempo em todos os trabalhos de sua fase evolucionista. A visão de temporalidade de Lamarck foi adotada pelos evolucionistas posteriores, até o presente. A concepção de temporalidade de Lamarck é tão familiar, para nós, que não percebemos quão revolucionária ela era, na época.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Prof. Dr. Roberto de Andrade Martins pela introdução de conceitos de temporalidade, diferentes do linear e do cíclico, que foram de grande ajuda para a realização desta análise. Uma das autoras (Lilian) agradece o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa. Ambas as autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTOTLE, *On the heavens (De caelo)*. Trad. J. L. Stocks. Vol. 1, pp. 359-495, *in: The works of Aristotle*. Ed. William David Ross. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. (The Great Books of the Western World, vol. 8)
- BAPTISTA, Ana Maria Haddad. *Tempo-memória*. São Paulo: Arké, 2007.
- BUFFON, Georges Louis Leclerc, comte de. *Histoire naturelle générale et particulière avec la description du Cabinet du Roy*. Tome premier. Seconde édition. Paris: Imprimerie Royale, 1750.

- . *Des époques de la nature*. Introduction et notes de Gabriel Gohau. Paris: Éditions Rationalistes, 1971. (Lumières de Tous les Temps, vol. 2)
- CANNON, Walter. The uniformitarian-catastrophist debate. *Isis* **51** (1): 38-55, 1960.
- CAROZZI, Albert V. Lamarck's theory of the Earth. Hydrogéologie. *Isis* **55**: 293-307, 1964 (a).
- . Preface; Editor's introduction. Pp. v-vi, 1-11, *in*: LAMARCK, Jean Baptiste. *Hydrogéologie* [1802]. Trad. Albert V. Carozzi. Urbana: University of Illinois, 1964 (b).
- CUVIER, Georges. *Discours sur les révolutions de la surface du globe et sur les changements qu'elles ont produites dans le règne animal*. Paris: Chez G. Dufour et Ed. D'Ocagne, 1826.
- . *Essay on the theory of the earth*. Trad. Robert Jameson. 5. ed. Edinburgh; London: Blackwood; T. Cadell, Strand, 1827.
- DESCARTES, René. *Les principes de la philosophie*. Vol. 9.2, *in*: ADAM, Charles & TANNERY, Paul (eds). *Oeuvres de Descartes*. Paris: Librairie Philosophique, J. Vrin, 1971.
- ELLENBERGER, François. *History of Geology. The great awakening and its first fruits, 1660-1810*. Trad. A. A. Balkema. Rotterdam: Brookfield, 1999.
- GERSTNER, Patsy A. James Hutton theory of the Earth and his theory of the matter. *Isis* **59** (1): 26-31, 1968.
- GOHAU, Gabriel. Introduction. Pp. ix-xxv, *in*: BUFFON, Georges Louis Leclerc, comte de. *Des époques de la nature* Paris: Éditions Rationalistes, 1971.
- GOULD, Stephen Jay. Trigonía and the origin of species. *Journal of the History of Biology* **1**: 41-56, 1968.
- . *Seta do tempo, ciclo do tempo: mito e metáfora do tempo geológico*. Trad. Carlos Afonso Malferrari. São Paulo: Companhia das Letras, 1991.
- HUGGETT, Richard. *Cataclysms and earth history. The development of diluvianism*. Oxford: Clarendon Press, 1989.
- KIRK, Geoffrey Stephen; RAVEN, John Earle; SCHOFIELD, Malcom. *The presocratic philosophers. A critical history with a selection of texts*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- LAMARCK, Jean Baptiste. *Recherches sur l'organisation des corps vivants*. [1802a] Paris: Fayard, 1986.
- . *Hydrogéologie* Paris: Chez l'Auteur, 1802.
- . Espèce [1817]. Vol. 10, pp. 441-451, *in*: DÉTERVILLE, Jean François Pierre (ed.). *Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle, appliquée aux*

- arts, à l'agriculture, à l'économie rurale et domestique, à la médecine, etc* Par une Société de Naturalistes et Agriculteurs. 2. ed. 36 vols. Paris: Déterville, 1816-1819.
- . Discours d'ouverture des cours de Zoologie donnés dans le Muséum d'Histoire naturelle (an VIII, an X, an XI et 1806). Ed. Alfred Giard. *Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique* [Série 5] **40**: 443-595, 1907.
- . *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* [1815]. 2 ed. 11 vols. Paris: Baillièrre, 1835-1845.
- . *Philosophie zoologique*. 2 vols. Paris: Chez Dentu; l'Auteur, 1809.
- . *Hydrogeology* [1802]. Trad. Albert V. Carozzi. Urbana: University of Illinois, 1964.
- . *Système analytique des connaissances positives de l'homme*. Paris: Chez l'Auteur, au Jardin du Roi, 1820.
- LAUDAN, Rachel. *Ideas and organizations in British Geology: a case study in institutional history*. *Isis* **68**: 527-538, 1977.
- . *From mineralogy to geology. The foundations of a science, 1650-1830*. Chicago: The University of Chicago Press, 1987.
- LINNÉ, Carl von. *L'équilibre de la nature*. Paris: J. Vrin, 1972.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. *A teoria da progressão dos animais de Lamarck*. (Dissertação de mestrado). Campinas: UNICAMP, 1993.⁸
- . Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. *Episteme* **2** (3): 33-54, 1997.
- . Lamarck y evolución orgánica: vida, materia y sus relaciones. Pp. 364-70, in: GARCÍA, Pío; MOREY, Patricia (eds.). *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de Trabajos de las XIV Jornadas*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Filosofía y Humanidades, 2004.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought. Diversity, evolution and inheritance*. Cambridge, MA: The Belknap Press, 1982.
- MEUNIER, Stanislas. *L'évolution des théories géologiques*. Paris: Alcan, 1911.
- OLDROYD, David R. *Thinking about the Earth. A history of ideas in Geology*. London: Athlone, 1996.

⁸ Uma versão atualizada desta dissertação foi publicada recentemente, sob forma de livro: MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira Martins. *A teoria da progressão dos animais, de Lamarck*. Rio de Janeiro: Booklink; São Paulo: FAPESP; Campinas: GHIC, 2007. (Scientiarum Historia et Theoria, vol. 1)

- PLATO. *The statesman*. Trad. Benjamin Jowett. Pp. 580-608, *in: The dialogues of Plato*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. (Great Books of the Western World, vol. 7)
- ROGER, Jacques (ed.). *Buffon: Les époques de la nature*. Édition critique. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle, 1962. (Sciences de la Terre, série C, tome 10)
- ROSSI, Paolo. *El pasado, la memoria, el olvido*. Trad. Guillermo Piro. Buenos Aires: Nueva Visión, 2003.
- RUDWICK, Martin J. S. The strategy of Lyell's Principles of geology. *Isis* **61** (1): 4-33, 1970.
- STUBBE, Hans. *History of Genetics. From prehistoric times to the rediscovery of Mendel's laws*. Trad. T. R. Waters. 2. ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1972.

Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA

Marcos Rodrigues da Silva*

1 INTRODUÇÃO

Dentre os momentos mais importantes da história do modelo da dupla-hélice do DNA merece a atenção dos historiadores o trabalho experimental de Rosalind Franklin (1920-1958) com a difração de raio-X do DNA; mobiliza-os o fato de, a despeito deste trabalho ter fornecido a evidência empírica mais importante para a dupla-hélice, James Watson (1928-) e Francis Crick (1916-2004) não terem demonstrado muito entusiasmo com a participação de Rosalind no episódio, sobretudo pela (alegada) restrição que ela tinha a concepções hélicas acerca do DNA.

Alguns historiadores da biologia, bem como alguns biógrafos de Rosalind não aceitam este tratamento, e questionam suas considerações a partir de três linhas argumentativas distintas. Sintomaticamente tais argumentos restringem-se ao papel de Rosalind na dupla-hélice, e não sugerem a importância de Rosalind para o desenvolvimento do programa em genética molecular; isto indica a presença de uma concepção de ciência que coloca unidades científicas (como o DNA) – bem como o trabalho experimental sobre estas unidades – num patamar mais elevado do que a construção de programas de pesquisa que abrigam estas unidades. Neste artigo pretende-se apresentar uma estrutura filosófica que pode nos auxiliar a *esclarecer* a natureza dos três argumentos acima mencionados.

O artigo se apresenta como segue: na segunda seção veremos as considerações de Watson e Crick ao trabalho de Rosalind, bem como os três argumentos em defesa da importância de Rosalind para o modelo da du-

* Universidade Estadual de Londrina. Endereço: Rua Mossoró 600, Bloco I, apto. 22. CEP 86020-230, Londrina, PR. E-mail: mrs.marcos@uel.br

pla-hélice; na terceira seção será apresentado o enfoque filosófico que parece estar presente nos três argumentos: o enfoque analítico; a quarta seção discute criticamente tal enfoque, a partir de um enfoque rival, o enfoque relacional; ao final se apresentam algumas conclusões deste trabalho.

2 AS CONSIDERAÇÕES DE WATSON E CRICK AO TRABALHO DE ROSALIND E SUAS CRÍTICAS

A história do modelo da dupla-hélice do DNA, proposto em 1953 por James Dewey Watson e Francis Crick, é pródiga em fatos e personagens, podendo sem dúvida alguma ser considerada uma realização científica coletiva, característica que não costuma ser omitida nos relatos historiográficos a respeito dos momentos decisivos da construção do modelo. Dentre estes momentos tem merecido a atenção dos historiadores o trabalho experimental de Rosalind Franklin com a difração de raio-X do DNA, e sobretudo a recepção a este trabalho por parte de Crick e Watson; pois, a julgar pelos seus relatos, o papel de Rosalind esteve circunscrito à obtenção de evidências empíricas para o modelo, o que contrariava a orientação metodológica geral por eles adotada, a saber, a de que as evidências (como as obtidas por Rosalind) seriam importantes somente na medida em que fossem uma contribuição para uma elucidação do papel do DNA para a genética.

Para Watson, a despeito de ter produzido os dados experimentais que fornecerem uma primeira evidência empírica para o modelo (Watson, 1997, p. 164), ela não teria nenhuma inclinação teórica para a representação helicoidal da molécula (Watson, 1997, pp. 61-62; 79); já para Crick, Rosalind não era uma cientista muito imaginativa (Judson, 1979, p. 149), e suas escolhas metodológicas a impediam de tentar descobrir algo sobre a estrutura do DNA sem utilizar muita experimentação (Crick, 1988, p. 68). Porém alguns historiadores da biologia e alguns biógrafos de Rosalind não aceitam este tratamento e questionam as considerações de Watson e Crick a partir de (pelo menos) três linhas argumentativas distintas.

Em primeiro lugar, Rosalind deveria receber uma consideração histórica mais generosa uma vez que a obtenção dos dados empíricos fundamentais para a dupla-hélice exigiu dela a produção de um sofisticado trabalho experimental, sobretudo por sua descoberta (Judson, 1979, p. 119) de que o DNA se apresentava sob duas formas, por ela denominadas de “forma A” e “forma B”; deste modo a complexidade deste trabalho, aliada a seus escrúpulos metodológicos de não propor um modelo antes de estar segura

quanto à precisão dos dados (Maddox, 2002, p. 178) a teriam impedido de representar a molécula como uma dupla-hélice; além disso, prossegue o argumento, ela era uma cientista que privilegiava – ao menos no caso do DNA (Sayre, 1975, pp. 134-135) – a investigação empírica ao invés da atividade de construção de modelos, e portanto seria um equívoco atribuir-lhe qualquer pretensão que não fosse a de obter evidências experimentais cada vez mais precisas a partir da técnica de difração de raio-X.

Em segundo lugar – e para além do reconhecimento do trabalho experimental de Rosalind – não seria correto atribuir a ela restrições teóricas à idéia de hélice, uma vez que há farta documentação histórica que atesta que, para Rosalind, a forma mais provável do DNA seria efetivamente a de uma hélice; inclusive já em 1951 Rosalind apresentara uma comunicação na qual sugeria que os grupos de fosfato do DNA estariam na parte externa da hélice; além disso Rosalind acreditava que a forma B do DNA era uma dupla-hélice (embora tivesse reservas quanto a esta inferência no que dizia respeito à forma A (Sayre, 1975, p. 145); portanto é surpreendente que Watson (que assistiu à comunicação acima mencionada) tenha criado o mito de que Rosalind fosse anti-hélice (Olby, 1974, p. 330). Ou talvez não tão surpreendente assim: pois se *The double helix*, entre outras coisas, foi uma tentativa de difundir a idéia de que seu autor e Francis Crick obtiveram êxito em juntar, aqui e ali, as peças de um intrincado quebra-cabeças, então seria interessante, para Crick e Watson, oferecerem um relato no qual Rosalind fosse “apenas” uma cristalógrafa interessada em investigações empíricas. O problema de um relato deste tipo seria, como atestou Olby, que a dupla-hélice acabaria aparecendo em algum lugar (Olby, 1974, p. 439); pois, para usar uma importante expressão de Francis Crick, nesta época as hélices *estavam no ar* (Crick, 1988, p. 60), e alguém acabaria apresentando, como atestou Maurice Wilkins (Judson, 1979, p. 102), algo tão bom quanto o que Watson e Crick apresentaram.

Em terceiro lugar é argumentado que Watson e Crick obtiveram acesso aos dados experimentais sem o conhecimento de Rosalind (Maddox, 2002, p. 212; Piper 1998, p. 154; Sayre, 1975, p. 167); e como sem estes dados Watson e Crick dificilmente teriam alcançado a conclusão de que o DNA poderia ser representado como uma dupla-hélice, e além disso como Rosalind estava bastante próxima de chegar a esta conclusão (Klug, 1974, p. 757), pode-se questionar boa parte do mérito de Watson e Crick em sua realização científica.

Os argumentos não serão discutidos, tendo em vista que o objetivo do artigo é justamente o de estabelecer que mesmo que conseguíssemos mos-

trar que eles não são “bons” argumentos, a discussão a respeito de algumas controvérsias a respeito da construção do modelo da dupla-hélice ainda se faria presente. Em todo caso isto não significa que os argumentos não possibilitem uma discussão. O primeiro e terceiro argumentos podem ser discutidos a partir de algumas considerações de Giere (1999, p. 192). A dupla-hélice do DNA não era inferida dos dados de raio-X ou, no mínimo, não era inferida apenas a partir dos dados de raio-X, uma vez que estes, de acordo com Crick (1988, p. 86), forneciam somente a metade dos dados exigidos; além disso, de acordo com Watson (1997, pp. 47-48), a alfa-hélice de Pauling para proteínas como a keratina não surgira apenas dos dados de raio-X e isto, ainda de acordo com Watson, fornecia uma importante orientação para ele e Crick abordarem o problema da estrutura química do DNA; em outras palavras: era razoável (embora não para Rosalind ao que tudo indica) construir um modelo para o DNA (Crick, 1988, p. 60) e com isso se inserir na proposta metodológica de construção de modelos de Pauling (Sapp, 2003, p. 194). Neste sentido torna-se compreensível a concepção de Giere de que a posse de alguns dados, no caso da dupla-hélice do DNA, não autorizou Rosalind a inferir dos mesmos a dupla-hélice. Já com relação ao segundo argumento, é importante lembrar que, nesta época, ninguém (ou quase ninguém) era anti-hélico: as hélices estavam no ar (Crick 1988, p. 60), ao menos desde a já mencionada alfa-hélice de Linus Pauling, com a qual ele indicara a importância de estruturas helicoidais para a compreensão das macromoléculas (Morange, 1998, p. 109). Além disso, o pesquisador John Gulland, já em 1947, teria se aproximado consideravelmente da concepção de uma dupla-hélice (Manchester, 1995, pp. 126-128). Deste modo podemos perfeitamente concluir que reivindicar o apreço de Rosalind pela representação helicoidal do DNA é simplesmente registrar uma tendência histórica da época.

Este artigo não pretende discutir os argumentos acima, mas apenas o que podemos deles extrair de comum; pois, do que se percebe na apresentação dos argumentos, a discussão que eles estabelecem aponta para uma disputa entre Rosalind e Watson/Crick; e com relação a esta disputa todos (inclusive os defensores de Rosalind) estão de acordo a respeito dos vencedores; ou seja: não restam dúvidas quanto ao fato primário de que, no final das contas, foram Watson e Crick os proponentes do modelo. Porém, note-se a formulação do consenso: ninguém duvida que Watson e Crick foram os vencedores numa corrida *para a representação molecular do DNA*; do mesmo modo, quando se questionam os relatos sobre a performance de Rosalind, isto é feito a partir do que se constata como contribuições de

Rosalind *para o modelo do DNA*. Deste modo os três argumentos partilham uma ênfase monotemática a respeito da contribuição de Rosalind *para o modelo da dupla-hélice*. Não se alega, por exemplo, que Rosalind Franklin teria algum tipo de contribuição para o desenvolvimento do programa em genética molecular; mesmo porque Rosalind estava interessada no “problema do DNA” (Sayre, 1975, p. 170) e não compartilhava, com Watson e Crick, um interesse nas implicações do DNA para a genética (Crick, 1988, p. 69; Morange, 1998, pp. 115-116). Deste modo chama a atenção nesta discussão o fato de que ela se refere única e exclusivamente a uma entidade científica: o DNA¹. Denominarei este enfoque – de tratar a discussão historiográfica a partir de uma única entidade científica – de “enfoque analítico”.

3 A IMPORTÂNCIA DE ROSALIND PARA O MODELO DA DUPLA-HÉLICE NUM ENFOQUE ANALÍTICO

Inegavelmente o enfoque analítico possui seus atrativos; num caso como o que estamos a tratar, este enfoque nos oferece ferramentas conceituais nada desprezíveis para uma revisão de nossas crenças a respeito de uma ocorrência histórica significativa da bioquímica. No caso em questão, deparamo-nos com o conceito de “inferência”, o qual nos faz compreender por que Rosalind hesitou na hora de dar alguns passos que seriam dados em seguida por Watson e Crick. Rosalind era uma cientista da tradição experimental, e a segurança dos dados era sem dúvida o fator mais importante a ser levado em conta para uma inferência a partir dos próprios dados. Diante disso, o ponto levantado nos três argumentos é inegavelmente um ponto legítimo, quando mais não seja, pelo simples fato de apresentar um aspecto de extrema relevância nas investigações científicas: o modo como os cientistas tratam os dados que possuem em mãos.

Contudo o enfoque analítico, a despeito do atrativo acima mencionado (e de outros possíveis), não nos apresenta uma forma de lidar com outros aspectos que também estão envolvidos na questão a respeito do papel ocupado por Rosalind na construção do modelo da dupla-hélice. Dentre

¹ Para Selya (2003, p. 595), alguns relatos biográficos recentes de Watson e de Rosalind partilham, em sua narrativa, a ênfase monotemática no episódio da dupla-hélice. Embora não seja objeto deste artigo, registro que, no que diz respeito a James Watson, não parece que Selya esteja inteiramente correta em sua análise. De todo modo, seu *insight* acerca do aspecto monotemático no que diz respeito ao DNA merece ser levado em consideração e ser desenvolvido filosoficamente.

estes aspectos é relevante mencionar, ao menos, a natureza da importância histórica da necessidade de se apresentar uma estrutura molecular para o DNA; ou seja: por que era importante, no período que antecede à dupla-hélice, que se apresentasse tal estrutura química? (Um enfoque analítico simplesmente passa ao largo desta questão, uma vez que sua análise, neste caso, se limita ao DNA.) A resposta é a de que esta estrutura forneceria pistas (ou até mais do que isso) decisivas para que se alcançasse uma explicação a respeito do modo com os genes carregam e reproduzem as informações genéticas, e a partir disso seguem duas conseqüências:

- i) Possivelmente não se conferia uma importância *intrínseca* para a procura da estrutura molecular do DNA, senão que tal importância era *relativa* ao tipo de problema que, por alguma razão, foi eleito nesta época como fundamental;
- ii) Uma explicação do funcionamento do código genético não seria possível apenas a partir da elucidação da estrutura molecular do DNA, uma vez que diversas outras entidades associadas precisariam igualmente ser compreendidas para que uma tal explicasse fosse coerente e oportuna.

4 A DUPLA-HÉLICE NUM ENFOQUE RELACIONAL

Não creio que algum usuário do enfoque analítico se preocupasse em negar (i) e (ii)²; contudo ele opera mediante um recorte historiográfico, o qual lhe permite tratar apenas da dupla-hélice (em geral apenas das evidências experimentais para a dupla-hélice). Como já salientei, não penso que este enfoque não seja esclarecedor; além disso, creio que tais recortes são indispensáveis para historiadores que adotarão outras estratégias de análise, pois é por meio destes recortes que compreendemos momentos históricos que de outra forma poderiam quem sabe passar despercebidos. Não obstante, o enfoque analítico, ao desconsiderar (i) e (ii), passa ao largo de diversos problemas historiográficos que também merecem uma consideração cuidadosa; e esta, por sua vez, torna-se mais clara à medida que consideramos diversos outros aspectos relacionados diretamente com a dupla-hélice. Dentre estes, dois merecem uma atenção mais detalhada:

² O exemplo mais claro disso seria o trabalho do historiador Robert Olby (1974), o qual, em seu clássico e monumental estudo sobre o caminho que conduziu à dupla-hélice, com sucesso mapeia diversas contribuições científicas que acabaram por redundar na dupla-hélice. Contudo, por mais que a investigação geral de Olby seja claramente anti-analítica, ele adota uma abordagem analítica no que diz respeito ao papel de Rosalind para a dupla-hélice.

- a) a recepção ao modelo de Crick e Watson;
- b) o papel do DNA para a genética.

No caso, (a) está relacionado a (i), e (b) a (ii).

Quanto à recepção ao modelo de Watson e Crick não se pode esquecer que o modelo da dupla-hélice foi saudado, em 1953, como nada mais do que um notável impulso para o programa de pesquisa em genética molecular, pois este, como seria de se esperar, foi muito além do próprio modelo (Ridley, 2006, p. 197). Um fato particularmente marcante é o de que a confirmação do modelo ocorreu apenas no início dos anos 80 (Crick, 1988, p. 73); ou seja: se a confirmação evidencial fosse tão decisiva assim (como aparentemente pensava Rosalind), como um programa se desenvolveria sem que tais confirmações já não estivessem à disposição?

Quanto ao papel do DNA para a genética, existem diversas evidências históricas de que a construção de um modelo químico para o DNA era apenas uma das tantas lacunas a serem preenchidas. Crick e Watson, não restam dúvidas, adotaram (antes de 1953) a orientação de procurar a estrutura molecular do DNA como um dos meios para a solução de problemas genéticos, pois perceberam que a importância do DNA para o (em 1953) imberbe programa de pesquisa em genética molecular não residia simplesmente na apresentação de seu arranjo molecular; no contexto científico da época era fundamental que o DNA apontasse, em sua estrutura, algo que permitisse abrir caminho para uma explicação do curso da informação genética, curso este que não depende apenas do próprio DNA; deste modo a apresentação de uma estrutura química do DNA seria somente um passo na direção que estava a se seguir. Porém seria insuficiente para o desenvolvimento do programa em genética molecular possuir uma estrutura química do DNA sem que esta estrutura apontasse, por exemplo, para as funções do ácido associado RNA, para o modo como nucleotídeos de DNA constituirão aminoácidos para formação de proteínas etc. A dupla-hélice foi um impulso notável para a genética molecular, mas ela própria era apenas uma parte de uma estrutura muito mais ampla.

Tanto (a) quanto (b) são passíveis de uma análise filosófica não comprometida com um enfoque analítico. Diversas concepções filosóficas a respeito da ciência – as quais, por falta de um termo melhor, denominarei de “relacionais” – têm insistido tanto na concepção de que eventos tais como a dupla-hélice do DNA são (o que se supõe ser historicamente plausível) parte de programas de pesquisa muito mais amplos que o próprio evento (Kuhn, 1995, pp. 163-164; Thagard, 1992, p. 46), quanto igualmente na concepção de que as unidades científicas significativas, para uma

explicação coerente destes eventos, não são as entidades isoladas, mas os programas de pesquisa que as abrigam (Laudan, 1977, p. 81). Deste modo, ao contrário de concepções analíticas, estas concepções compreendem estes eventos como processos nos quais as descobertas acerca de entidades (como por exemplo a descoberta de que o DNA se comporta como uma dupla-hélice) são assimiladas como parte de um programa de investigação³. Naturalmente não se pretende, com este enfoque, assumir a idéia de que as descobertas científicas só ocorrem no interior de um programa de investigação, ou mesmo que as descobertas somente seriam relevantes dentro destes programas; contudo pretende-se sim sugerir que sua *assimilação* ocorre de modo mais contundente quando de sua inserção nestes amplos programas de investigação. Com isso, numa concepção relacional, o significado dos termos científicos (por exemplo “dupla-hélice do DNA”) não é conferido em função de méritos intrínsecos da entidade nomeada, mas é uma consequência de sua assimilação num contexto científico mais amplo, a partir de sua relação com outros termos (ou sentenças nas quais figurem) (Quine, 1960, pp. 10-11)⁴.

Podemos perceber, a partir de (a) e (b), que a princípio parece que há, no episódio do modelo da dupla-hélice, mais em jogo do que é assumido pelo enfoque analítico. Tanto (a) quanto (b) começam a nos conduzir para uma discussão na qual a dupla-hélice, conquanto inegavelmente central, começa a dividir espaço com outras entidades e problemas científicos; e, deste modo, começamos a nos mover num ambiente relacional. Por meio deste enfoque relacional será possível inclusive sugerir que a importância de Crick e Watson se localiza menos no fato de que eles propuseram o modelo da dupla-hélice do que na participação que ambos tiveram no programa de pesquisa em genética molecular⁵. Com isso – ou seja: ao deslo-

³ Sendo rigorosos com as palavras poderíamos dizer que a dupla-hélice do DNA não foi exatamente descoberta, mas sim construída; e com isso é claro que não quero dizer que a dupla-hélice não existe, mas simplesmente que sua assimilação depende de uma estrutura conceitual. Este ponto a respeito do *status* ontológico da dupla-hélice já foi preliminarmente trabalhado pelo autor em artigos anteriores (Silva, 2005; *idem*, 2006b). Para uma discussão filosófica feita pelo autor, e que incide diretamente sobre o ponto, ver Silva (2006a).

⁴ Os filósofos citados neste parágrafo infelizmente não trataram da dupla-hélice, mas de outros episódios científicos (à exceção de Quine, que não trabalhou com história da ciência). Destes tratamentos resultaram diversas análises filosóficas, as quais estão servindo de base para este artigo.

⁵ De modo similar, Kuhn e Thagard argumentam o mesmo no que diz respeito ao papel de Lavoisier em sua “descoberta” do oxigênio. Para Kuhn, a descoberta do oxigênio não foi

carros a análise da importância de Watson e Crick da dupla-hélice para sua performance no desenvolvimento do programa de pesquisa em genética molecular – não parece mais razoável opormos (de algum modo) Rosalind a Watson/Crick. Porém, se esta oposição desaparece, nasce uma outra: uma oposição no que diz respeito a imagens de ciência.

A reivindicação acerca da importância de Rosalind é significativa não apenas por aquilo que parece estar envolvido no episódio da dupla-hélice; ela é significativa também tendo em vista que Rosalind representa um tipo de cientista que realiza um certo tipo de trabalho científico: o trabalho experimental; e por toda a complexidade envolvida neste tipo de trabalho – sobretudo o treinamento que é exigido para a função –, a especialização é uma conseqüência natural, e isto por sua vez significará um aprofundamento em algum aspecto mais específico do fenômeno a ser investigado (no caso de Rosalind, o DNA). Com isso torna-se natural que este tipo de cientista esteja muito pouco interessado em implicações gerais de seu trabalho experimental. Por outro lado, porém, é sintomático que a história registre que as grandes “sínteses” de um campo científico tenham sido produzidas por cientistas dotados de compreensão geral acerca dos fenômenos, teorias e problemas que estão interligados, compreensão geral esta que se materializa freqüentemente na criação de programas de investigação, os quais, longe de resolverem todos os problemas de um campo (Kuhn, 1995, p. 30), são ao invés indicações gerais para a solução de problemas específicos (Laudan, 1977, p. 84). Com isso é possível vislumbrar duas imagens de ciências: uma projeta a imagem experimental do trabalho científico; a segunda projeta uma imagem de ciência que reflete a preocupação com a construção de tradições de investigação científica.

A partir destas considerações pretendo sugerir que a discussão a respeito da importância de Rosalind Franklin para o modelo da dupla-hélice pode ser compreendida (também) como uma discussão a respeito de imagens de ciência. Defender Rosalind (por meio dos três argumentos da segunda seção deste artigo) significa defender uma concepção analítica de ciência, na qual se reduz o “todo” a uma (inegavelmente importante) de

em si decisiva (além do fato de que vários cientistas podem ser considerados como descobridores); o aspecto mais importante do trabalho de Lavoisier foi sua construção de uma nova forma de conceber a química enquanto ciência; e é nesta nova forma que emerge de modo coerente o oxigênio (Kuhn, 1995, p. 82). O oxigênio já havia sido descoberto por outros cientistas, porém sua assimilação conceitual somente ocorreu de modo coerente na química de Lavoisier (Thagard, 1992, p. 48).

suas partes. Por outro lado, relegar Rosalind a um papel secundário (porém de extrema importância) significa (no contexto dos três argumentos) defender uma concepção na qual se relativiza a importância da dupla-hélice a partir de seu papel no desenvolvimento do programa de pesquisa em genética molecular. Deste modo a discussão a respeito do papel ocupado por Rosalind na história da dupla-hélice poderia legitimamente ser interpretada como uma discussão filosófica sobre concepções de ciência. Pois por um lado temos Rosalind Franklin com sua pesquisa baseada no princípio metodológico de não construir modelos sem as devidas contrapartidas empíricas, o que a conduziu a centrar suas energias no DNA; por outro temos Watson e Crick interrogando a natureza a partir de certos pressupostos conceituais que estavam presentes na pesquisa da época – como por exemplo a função do DNA para o fluxo da informação genética. Portanto temos com Rosalind uma concepção de ciência que enfatiza a importância do trabalho experimental (e assim, para que *o DNA* seja representado como uma dupla-hélice, deve-se estar seguro quanto aos dados); já com Watson e Crick nos deparamos com uma imagem científica de valorização das evidências (como as obtidas por Rosalind em seu trabalho) na medida em que estas deverão auxiliar o desenvolvimento de um programa de pesquisa (e assim, para que o programa se desenvolva, é importante que o DNA seja representado como uma dupla-hélice).

Porém, poderia algum historiador ou biógrafo pró-Rosalind contrargumentar: “mas qual de nós está reivindicando algo além da reparação histórica com relação ao episódio do modelo da dupla-hélice? Não há ninguém que esteja tentando defender a idéia de que Rosalind produziu trabalhos importantes para o desenvolvimento do programa de pesquisa em genética molecular”. De fato não percebi em nenhuma fonte alguma reivindicação a respeito de algum possível papel de destaque ocupado por Rosalind no desenvolvimento do programa de pesquisa em genética molecular; no entanto, do ponto de vista deste artigo, é realmente sintomático que nenhum historiador ou biógrafo pró-Rosalind exija mais do que a reparação histórica acerca de sua importância para o modelo (e apenas para a confecção do modelo); ou seja: estamos realmente diante de uma discussão a respeito de concepções de ciência. Reivindicar (legitimamente) prioridades a Rosalind significa defender uma concepção de ciência que valoriza unidades científicas tais como “a dupla-hélice do DNA”; por outro lado, não se importar (ao menos filosoficamente) com a prioridade significa compreender os processos de desenvolvimento científico como constituídos por unidades complexas, unidades estas que não se reduzem a sub-

unidades “fundamentais” como “o DNA” ou “a proteína” etc.; e tendo em vista estas considerações penso que o episódio acerca da participação de Rosalind Franklin poderia ser analisado à luz de uma outra perspectiva, a saber, de uma perspectiva filosófica, cuja ênfase recai antes no papel dos programas de pesquisa do que em unidades científicas tais como “DNA”.

5 CONCLUSÃO

Do que foi visto até aqui ficam algumas questões importantes:

- i) seria possível sustentar filosoficamente uma distinção entre os enfoques analítico e relacional?;
- ii) seria possível, uma vez estabelecida uma resposta satisfatória a (i), mostrar que estes enfoques já estariam presentes nas orientações de Rosalind e Watson/Crick antes da publicação do modelo?;
- iii) seria possível mostrar que a comunidade científica de genética molecular, após o aparecimento da dupla-hélice, se desenvolveu a partir de uma estrutura de investigação que é explicada pelo enfoque relacional?

Fundamentalmente o que se pretende com uma resposta a estas questões é, a partir do problema de se determinar o tipo de importância que deve ser conferido a Rosalind, verificar se existiu realmente uma disputa entre Rosalind e Crick/Watson. Entretanto, se é verdade que uma distinção entre enfoques analítico e relacional pode nos auxiliar a compreender o episódio, por outro lado existem outras abordagens que talvez sejam mais produtivas para a compreensão do que está em jogo. Uma abordagem que parece ser bastante frutífera pode ser obtida a partir de uma utilização mais ampla (do que a que foi feita neste artigo) da noção filosófica de “tradição de pesquisa”; por meio desta utilização mais ampla, não diríamos que a distinção entre Rosalind e Crick/Watson se daria por seus respectivos enfoques analítico e relacional, mas sim que eles operavam no interior de redes conceituais (tradições de pesquisa) distintas – o que significa que tinham métodos, problemas e objetivos diferentes. Rosalind pertencia à tradição de pesquisa da bioquímica, para a qual interessava a *estrutura* química do DNA; já Watson e Crick estavam se acomodando na nascente tradição de pesquisa da genética molecular, para a qual interessava a *função* do DNA na transmissão da informação genética⁶. Sendo assim, se torna

⁶ Evidentemente a função do DNA dependia da elucidação de sua estrutura química; no entanto o exame de cada uma delas se dava de modo distinto. Mas é importante mencionar que, de algum modo, Watson e Crick acabaram colaborando com as duas tradições, pois

ainda mais compreensível a idéia de que não há uma disputa entre Rosalind e Watson/Crick, uma vez que faziam parte de diferentes tradições de pesquisa⁷.

Gostaria de encerrar o artigo com três breves considerações. Em primeiro lugar, este artigo em momento algum se preocupou em criticar os historiadores e biógrafos pró-Rosalind. Do mesmo modo, em nenhum momento este artigo teve a pretensão de oferecer qualquer respaldo para uma defesa da prioridade de Watson e Crick com relação à dupla-hélice do DNA, mesmo porque um tal respaldo seria efetivamente uma negação daquilo que se quis aqui sugerir – ou seja: que o enfoque (analítico) a respeito da dupla-hélice do DNA deveria ser substituído por outro que parece filosoficamente mais promissor. Assim, este estudo procurou assentar algumas bases para que no futuro se possa *esclarecer*, de um ponto de vista filosófico, o que também está em jogo na discussão sobre o papel de Rosalind na história do modelo da dupla-hélice. Pois, se por um lado faz justiça à memória científica desta grande cientista a reivindicação de um lugar apropriado na história do modelo da dupla-hélice, por outro não se pode igualmente esquecer que o desenvolvimento do programa de pesquisa exigia mais do que a elucidação químico-molecular do DNA; e Watson e Crick (dentre tantos outros, mas não Rosalind), em seus trabalhos posteriores, foram fundamentais para o desenvolvimento do programa

Em segundo lugar, pode-se concluir que, mesmo que Rosalind tivesse proposto o modelo da dupla-hélice, isto não alteraria o programa de pesquisa em genética molecular⁸; pois se engana quem pensa que James Wat-

além de terem apresentado (com o auxílio dos dados de Rosalind) a estrutura química do DNA, ainda foram bastante ativos no que diz respeito ao desenvolvimento do problema da função genética da molécula.

⁷ Aproveito para agradecer ao Professor Pablo Lorenzano pela sugestão deste novo enfoque para a discussão.

⁸ Porém poderia ser objetado que o quadro acima negligencia alguns aspectos da vida comunitária científica; pois, se Rosalind tivesse proposto o modelo, as atenções da comunidade científica teriam se voltado para ela, e seria ela – e não Watson e Crick – quem estaria à frente do programa de pesquisa. O problema com esta objeção é que, se investigarmos o período anterior à publicação do modelo, poderemos perceber as duas concepções de ciência acima descritas já delineadas e aplicadas tanto por Rosalind quanto por Watson e Crick. Além disso não se pode esquecer que a apresentação do modelo do DNA apareceu na revista *Nature* em conjunto com o trabalho de Rosalind contendo as evidências para o modelo. Portanto não se poderia dizer que Rosalind não tinha relação com o modelo apresentado por Watson e Crick, uma vez que a comunidade científica tomou contato não

son e Francis Crick propuseram apenas o modelo da dupla-hélice: na seqüência do modelo apareceriam o dogma central da biologia⁹, uma proposta para a compreensão das funções do RNA etc. Assim podemos perceber que a contribuição de Watson e Crick não se limitou ao modelo da dupla-hélice, uma vez que eles se mostraram muito ativos no desenvolvimento do programa de pesquisa em genética molecular¹⁰.

Por fim, o que este artigo pretende sugerir é que efetivamente não existiu uma disputa entre Rosalind e Watson/Crick; se houve uma disputa, esta se deu no âmbito de concepções de ciência. Ao que se saiba Watson e Crick não eram contra o método de Rosalind, mas simplesmente questionavam sua eficácia; e, de algum modo, este questionamento – desde então assumindo a forma de uma heurística para o programa de pesquisa em genética molecular – penetrou na comunidade científica da biologia molecular (Chargaff, 1974, p. 778). Assim, se houve alguma “vitória” de Watson e Crick, esta foi a de, com a dupla-hélice, oferecer uma orientação para a investigação da genética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHARGAFF, Erwin. Building the tower of babble. *Nature* **248**: 776-779, 1974.
- CRICK, Francis. *What mad pursuit. A personal view of scientific discovery*. New York: Basic Books, 1988.
- GIERE, Ronald. *Science without laws*. Chicago: The University of Chicago Press, 1999.
- JUDSON, Horace Freeland. *The eighth day of creation*. London: Jonathan Cape, 1979.
- KLUG, Aaron. Rosalind Franklin and the double helix. *Nature* **248**: 776-779, 1974.

apenas com o trabalho deles, mas também com o de Rosalind.

⁹ De acordo com Judson (1979, p. 151), Watson já especulava, antes da apresentação do modelo, a respeito do fluxo informativo genético que seria algum tempo depois explicado pelo dogma central.

¹⁰ Sem esquecer aqui o decisivo fato de que Rosalind, em sua tentativa de solucionar o “problema do DNA”, recusou o convite de Maurice Wilkins para, juntos, explorarem as conseqüências do DNA para a hereditariedade. Este fato é decisivo tendo em vista que, com este trabalho conjunto, os dois poderiam ter produzido o que se celebrou com Watson e Crick.

- KUHN, Thomas Samuel. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. Nelson Boeira. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 1995.
- LAUDAN, Larry. *Progress and its problems*. London: Routledge, 1977.
- MADDOX, Brenda. *Rosalind Franklin: the dark lady of DNA*. New York: Harper Collins, 2002.
- MANCHESTER, Keith L. Did a tragic accident delay the discovery of the double helical structure of DNA? *Trends in Biochemical Sciences* **20**: 126-128, 1995.
- MORANGE, Michel. *A history of molecular biology*. Trad. Matthew Cobb. Cambridge: Harvard University Press, 1998.
- OLBY, Robert. *The path to the double helix*. London: MacMillan, 1974.
- PIPPER, Anne. Light on a dark lady. *Trends in Biochemical Sciences* **23**: 151-154, 1998.
- QUINE, Willard van Orman. *Word and object*. Cambridge: MIT Press, 1960.
- RIDLEY, Matt. *Francis Crick: discoverer of the genetic code*. New York: Harper Collins, 2006.
- SAPP, Jan. *Genesis: the evolution of biology*. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- SAYRE, Anne. *Rosalind Franklin and DNA*. New York: W. W. Norton & Company, 1975.
- SELYA, Rena. Defined by DNA: the intertwined lives of James Watson and Rosalind Franklin. *Journal of the History of Biology* **36**: 591-597, 2003.
- SILVA, Marcos. Realismo e anti-realismo na construção do modelo da dupla-hélice. *10º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia*. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 2005.
- . Instrumentalismo e explicação científica no de motu de Berkeley. *Scientiae Studia* **4** (1): 101-114, 2006 (a).
- . Realismo e anti-realismo na construção do modelo da dupla-hélice (parte II). *Especiaria* **16**: 411-429, 2006 (b).
- THAGARD, Paul. *Conceptual revolutions*. Princeton: Princeton University Press, 1992.
- WATSON, James Dewey. *The double helix*. London: Weidenfeld & Nicolson, 1997.

Estudos de regeneração animal em Bonnet e Spallanzani

Maria Elice Brzezinski Prestes*

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de animais e plantas produzirem novas estruturas orgânicas para repor partes perdidas naturalmente, ou amputadas artificialmente, é conhecida desde a Antigüidade. Mas foi no século XVIII que a regeneração tornou-se objeto de estudo dos naturalistas e em diferentes tipos de animais como as “enguias” das infusões (*Protozoa*), pólipos de água doce, caramujos, minhocas, sanguessugas, lagostas, centopéias, estrelas e ouriços do mar, salamandras¹. À época denominada alternativamente “multiplicação” ou “reprodução” de partes, a regeneração era tomada como um fenômeno associado à formação de um novo organismo e aos seus processos de crescimento. Por essa razão, aos “fatos” observados da regeneração, os naturalistas daquele século buscaram acomodar as teorias então disponíveis para explicar a reprodução dos seres vivos.

Neste artigo, conheceremos os estudos de regeneração efetuados por dois naturalistas do período, o genebrês Charles Bonnet (1720-1793) e o italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799). Descreveremos a investigação que Bonnet realizou sobre alguns tipos de animais, vermes aquáticos e

* Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Rua Rodésia, 361, ap. 42, CEP 05435-020, São Paulo, SP. E-mail: eprestes@dialdata.com.br.

¹ Uma retomada nos estudos de regeneração ocorreu na última década do século XIX, destacando-se uma série de artigos de revisão sobre o tema, publicada entre 1891 e 1901 pelo anatomista alemão Dietrich Barfurth, e os livros homônimos, *Regeneration*, publicados por Paul Fraise, em 1885, e Thomas H. Morgan, em 1901. Morgan realizou experimentos de regeneração em minhocas e outros animais como a planária (Churchill, 1991, pp. 114 e 126).

minhocas, comparando as questões que norteraram suas observações com as de Spallanzani sobre as minhocas. Também veremos os aspectos gerais da teoria da preexistência dos germes, segundo a formulação que lhe foi dada por Bonnet e que foi seguida de perto por Spallanzani. Faremos uma síntese dos argumentos que eles utilizaram para considerarem a preexistência como a mais razoável explicação para todo o fenômeno da geração e sua aplicação ao caso particular da regeneração, incluindo as dificuldades impostas pela diferença do fenômeno conforme o animal observado. Mostraremos alguns aspectos de suas pesquisas como sendo derivadas dos estudos realizados por René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1767). Por fim, traçaremos algumas considerações sobre a contribuição desses estudos para o desenvolvimento da pesquisa experimental dos seres vivos e algumas conseqüências historiográficas.

2 A REGENERAÇÃO NAS PUBLICAÇÕES DE BONNET E SPALLANZANI

Em carta enviada a *Sir* Hans Sloane, em março de 1742, lida em diversas seções da *Royal Society* no ano seguinte, Bonnet anunciou ter confirmado a “nobre descoberta” de Abraham Trembley sobre a existência de “insetos aos quais a natureza deu a estranha prerrogativa de multiplicarem-se por cortes” (Bonnet, 1742-1743, p. 468). Inspirado pela descrição de Trembley da reprodução dos pólipos de água doce, ou hidras, Bonnet refez os experimentos com os animais que pôde encontrar nos lagos das cercanias de Genebra: vermes aquáticos segmentados, sem pernas e de maior tamanho (de 5 cm a 8 cm). Obtendo os mesmos resultados, considerou que, além de confirmar o achado de Trembley, estava ampliando a descoberta para outros grupos de animais.

O que pareceu a Bonnet mais importante foi encontrar o mesmo fenômeno em animais “mais compostos”. Embora, à primeira vista, percessem simples, Bonnet notou que os vermes aquáticos mostravam uma estrutura com “Partes próprias a excitar e fixar a Atenção tanto quanto as daqueles Animais chamados mais perfeitos” (Bonnet, 1745, vol. 2, p. 6). Enquanto os pólipos não passavam de um “tubo vazio”, cuja pele era constituída de “uma multidão inumerável de pequenos grãos que se colorem pelo alimento”, esses vermes possuíam um conjunto de vísceras como coração, estômago, intestinos etc. (Bonnet, 1985, p. 155).

Dois anos depois, Bonnet publicou os resultados detalhados desses estudos no *Traité d'insectologie*, identificando seus antecessores no estudo da “República dos insetos”³: Redi, Malpighi, Swammerdam, Leeuwenhoek, Vallisneri e Réaumur. Desta feita, Bonnet fornece um relato das observações sobre espécies de vermes de água doce bem mais completo que na carta. Apresenta a descrição de numerosas experiências, seguindo, contudo, a mesma seqüência de assuntos. Inicia com minuciosa descrição da anatomia do animal e da circulação do sangue, em que acrescenta contribuições próprias aos estudos anatômicos que lhe serviram de base, como os de Francesco Redi ou Thomas Willis. Em seguida, descreve as experiências em que seccionava os animais e acompanhava o desenvolvimento. Ao modo do livro publicado em 1744 por Trembley, o *Traité d'insectologie* contém ainda diversas tabelas em que Bonnet anotava o número de organismos seccionados em diferentes datas, o tamanho dos segmentos, as temperaturas etc. Ao final do volume dois, Bonnet acrescentou quatro pranchas contendo ilustrações dos organismos observados, acompanhadas de breves explicações.

As figuras i, ii, iii e iv da terceira prancha, e a nota explicativa que a acompanha, testemunham que Bonnet investigou a regeneração, nessa época, também em minhocas, embora não tenha escrito nada a respeito no corpo do texto, como retomaremos logo adiante.

Mais tarde, em seus livros mais difundidos no período, o *Considérations sur les corps organisés* (1762) e *Contemplation de la nature* (1764), Bonnet resumiu as descobertas sobre a regeneração dos vermes aquáticos, acrescentando outros estudos como o das minhocas e os relatos de Réaumur sobre a reprodução das patas de lagostas. Esses dois livros foram reeditados mais

² Embora pretendesse publicar um terceiro volume destinado a outros insetos, os dois volumes do *Tratado* de Bonnet tratam apenas do que ele considerava as “duas importantes descobertas” daquele século, a partenogênese nos pulgões (no volume um) e a regeneração nos vermes de água doce (no volume dois). Ele afirma ter cunhado o termo “Insectologia” para a “ciência dos insetos” (Bonnet, 1745, vol. 1, p. iii).

³ No século XVIII, o termo “inseto” designa uma ampla variedade de grupos animais. Bonnet seguiu a definição de Réaumur: “Eu consideraria, de bom grado, todos os animais cujas formas não permitem que os coloquemos na classe dos animais quadrúpedes comuns, das aves e dos peixes. [...] Todos os répteis pertencem à classe dos insetos pelas mesmas razões que os vermes de terra [...] as rãs [...] os sapos” (Réaumur, 1734, vol. 1, pp. 57-58). Na *Encyclopédie*, “inseto” é todo “pequeno animal que não tem sangue [vermelho]” (Diderot & D’Alembert, 1765, vol. 8, p. 781).

de uma vez, recebendo uma grande quantidade de notas em que Bonnet acrescentou pesquisas realizadas por outros naturalistas como, por exemplo, as de Lazzaro Spallanzani sobre o mesmo tema da regeneração em minhocas. Reunidos por Bonnet em nova edição de suas obras completas, as *Oeuvres d'histoire naturelle et de philosophie* (1779-1785) contam ainda com estudos sobre regeneração em salamandras e lesmas terrestres ou caramujos (Figura 1).

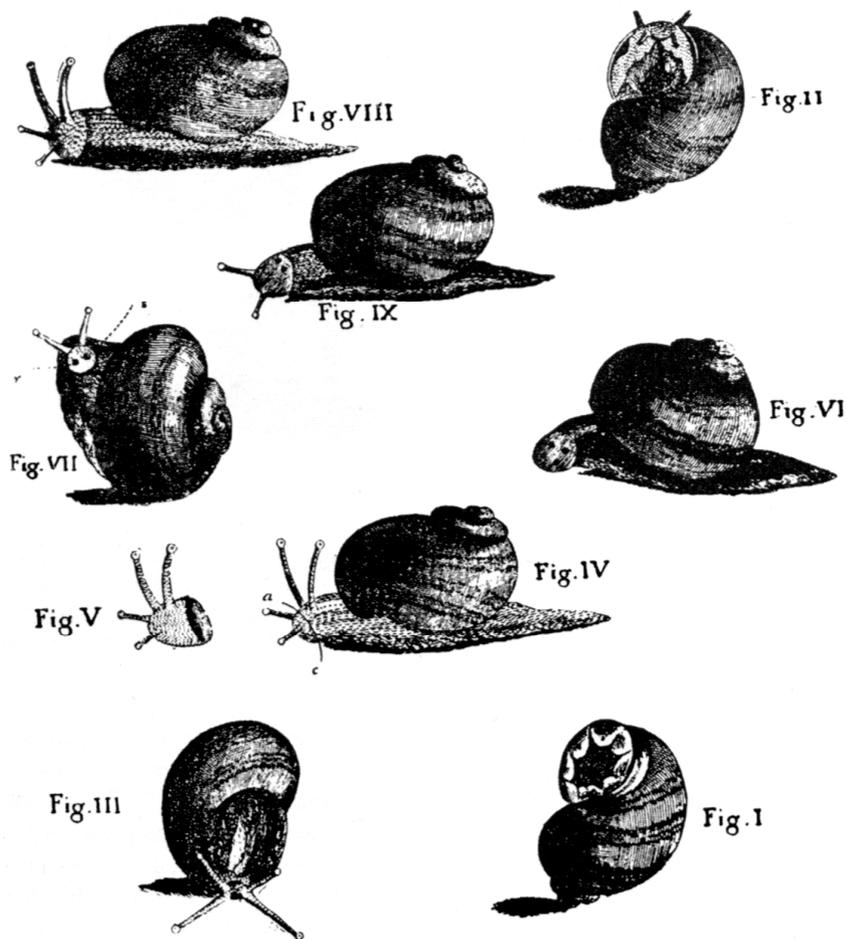


Figura 1. Regeneração em caramujos. Fonte: Spallanzani, [1782], 2001, p. 13.

Por sua vez, Lazzaro Spallanzani voltou-se ao estudo da regeneração logo depois de publicar o *Saggio di osservazione microscopiche (Ensaio de observações microscópicas)* sobre a geração dos “infusórios” (microrganismos), em 1765⁴. Spallanzani começou as observações tomando por objeto de seus primeiros exames, justamente, as minhocas, seccionadas em grande quantidade a partir de 21 de agosto desse mesmo ano⁵. Ele reportou os resultados a Bonnet no ano seguinte, em 21 de setembro de 1766, aparentemente depois de dispor do conjunto de respostas às questões deixadas pelo genebrês no *Corps organisés*, e para as quais havia conclamado os naturalistas a investigarem, uma vez que ele mesmo não poderia mais realizar observações devido à sua perda progressiva da visão. Os resultados que Spallanzani relatou nessa carta foram os que Bonnet acrescentou na re-edição do *Corps organisés*, tornando-os, portanto, conhecidos à época.

Como Bonnet, Spallanzani também estudou o fenômeno em diferentes tipos de animais: hidras, caramujos, minhocas, salamandras, girinos. Verificou que todos esses animais sobreviviam e reproduziam a parte perdida, natural ou artificialmente, e que em casos como o das hidras, um novo organismo surgia de uma parte.

Embora tenha feito uma quantidade enorme de observações sobre o tema, Spallanzani publicou pouco a respeito. Em 1768, os principais resultados obtidos e o plano dos estudos que ainda pretendia realizar sobre a reprodução dos seres vivos foram publicados no *Prodromo di un'opera da imprimeria sopra le riproduzione animali (Programa de uma obra a ser impressa sobre as reproduções animais)*. Desse livro, o que gerou maior discussão na época, foi a pesquisa sobre a reprodução da cabeça em caramujos. Muitos naturalistas e filósofos, dentre os quais Lavoisier e Voltaire, dedicaram-se a cortar a cabeça das lesmas dos caramujos. Muitas controvérsias foram levantadas sobre a regeneração nesses animais, o que levou Spallanzani a publicar,

⁴ Em carta a Vallisneri Jr., Spallanzani contou “que há mais de um ano vinha meditando” sobre a intenção de publicar uma obra sobre a geração dos seres vivos (carta de Spallanzani a Vallisneri Jr., de 20-25 de setembro de 1765: Spallanzani, *Edizione nazionale...*, *Carteggi*, 1988, v. 10, p. 257). Pode-se dizer, portanto, que Spallanzani tinha planejado dedicar-se aos estudos da regeneração antes de ler o *Corps organisés* de Bonnet, que chegou às mãos de Spallanzani pouco depois (carta de Spallanzani a Vallisneri Jr., de 04 de novembro de 1765: *ibid.*, p. 258).

⁵ Essa data é conhecida por meio dos diários de observação sobre a regeneração, escritos por Spallanzani.

bem mais tarde, duas memórias sobre o tema⁶. Fora isso, Spallanzani não publicou mais nada sobre a regeneração em particular, nem mesmo a sua pretendida obra sobre a geração dos seres vivos.

A publicação das obras completas de Spallanzani, que vem sendo feita na Itália desde os anos 1980, colocou à nossa disposição a íntegra da carta a Bonnet sobre a regeneração nas minhocas. Também disponibilizou os seus diários de observações sobre a regeneração, numa publicação de 1.500 páginas, “superando, em quantidade de anotações, todas as outras famílias temáticas dos seus diários” (Monti, 2005, p. 29).

Antes de conhecermos esses estudos de Spallanzani, vejamos o que Spallanzani pôde conhecer dos estudos de Bonnet sobre a regeneração nos vermes aquáticos.

3 BONNET E A REGENERAÇÃO EM VERMES AQUÁTICOS

Bonnet relatou ter iniciado seus estudos tomando um desses vermes e cortando-o, pela metade, em dois pedaços, então colocados numa espécie de copo de vidro com água. Observou-os por vários dias. Notou primeiro que as duas metades, a que ficara com a cabeça e a que ficara com a parte posterior do corpo do verme, mantiveram o seu movimento usual, aparentemente voluntário e desviando-se de obstáculos. Ambas as metades se mostravam mais ágeis quando expostas ao sol, especialmente a metade posterior. Depois de dois dias, colocou um pouco de lentilhas d'água e terra no copo, observando que a metade que continha a cabeça alimentou-se. Com isso, Bonnet quis mostrar que esses vermes sobreviviam à secção de seu corpo.

Além disso, Bonnet observou que, simultaneamente, a região do corte de cada metade do animal começava a apresentar uma intumescência ou saliência, mais notável na metade correspondente à parte anterior do corpo. No dia seguinte, já se fazia notar uma pequena protuberância, de cor mais clara que o resto do corpo, e que se tornou mais perceptível ainda nos dias que se seguiram. Em uma semana, as duas metades haviam se tornado novamente um verme completo. As palavras de Bonnet foram as seguintes:

⁶ *Resultati di esperienze sopra da riproduzione della testa nelle lumache terrestri*, 1782. *Memoria seconda ed ultima sopra la riproduzione della testa nelle lumache terrestri*, 1784.

A cabeça que havia se desenvolvido na segunda metade, possuía a mesma forma da primeira e estava ajustada às mesmas funções. Também a nova cauda da primeira metade era em todos os aspectos como a antiga. O Coação, o Estômago etc. haviam se prolongado a si mesmos numa e na outra metade, e as Partes recém formadas atuavam com não menos Vigor que o resto; além disso, novos anéis foram produzidos sucessivamente depois dos antigos. (Bonnet, 1742-1743, p. 474)

Depois de repetir o experimento com êxito, Bonnet partiu para nova investigação, desta vez, multiplicando o número de secções. Cortou alguns desses vermes em 3, 4, 8, 10 e 14 pedaços, sendo que quase todos reconstituíram cabeças e caudas. Em meio a pleno inverno, disse Bonnet, ainda foi mais longe e dividiu esses vermes em 24 e 26 pedaços, “tão pequenos como átomos”. A maior parte deu origem a animais perfeitos.

Bonnet também anotou as diferenças no tempo de desenvolvimento e na capacidade de sobrevivência dos animais seccionados sob o frio do inverno, comparando com os mesmos procedimentos efetivados sob as temperaturas amenas do verão, quando o fenômeno ocorria mais rapidamente. Comparou ainda a velocidade do desenvolvimento e as dimensões alcançadas pelos diferentes pedaços seccionados, concluindo que as metades de um animal dividido em dois e os pedaços de um animal dividido em oito atingem o mesmo tamanho final, embora neste último caso, mais lentamente. Bonnet também estudou a variação do desenvolvimento dos segmentos de um mesmo verme, encontrando que se desenvolvem mais rapidamente e alcançam maior tamanho os segmentos próximos à cabeça, em comparação aos da parte posterior do corpo. Observou a alimentação e a circulação do sangue, que era visível no sentido da cauda em direção à cabeça, critério que lhe serviu para discernir, nos pedaços cortados, qual era a extremidade anterior e qual era a posterior.

Finalmente, Bonnet verificou que se cortasse apenas a cabeça ou o último anel da cauda, esses segmentos não sobreviviam 24 horas, embora a cabeça mantivesse seus movimentos nos momentos subseqüentes à divisão. Concluiu ser necessário para a reprodução que, ao se cortar as extremidades do animal, tanto anterior quanto posterior, fossem englobados até o quinto ou sexto anel, supondo que a causa estaria relacionada à condição da grande artéria nessas duas partes.

Bonnet afirmou ter chegado a 40 mil ou 50 mil o número de vermes desenvolvidos em dois anos de observações e experimentos.

As observações e experiências realizadas levavam a conhecer os “fatos” da regeneração nesses animais, dizia Bonnet. Mas eles apontavam para

algumas dificuldades. Um dos fatos observados que Bonnet julgava importante explicar era o da correta reposição da parte perdida. Bonnet assim formulou a questão:

Mas qual é a causa que determina que uma parte anterior se desenvolva preferencialmente a uma parte posterior? Por que uma cabeça se desenvolve na extremidade anterior, uma cauda se desenvolve na posterior? (Bonnet, 1985, p. 243)

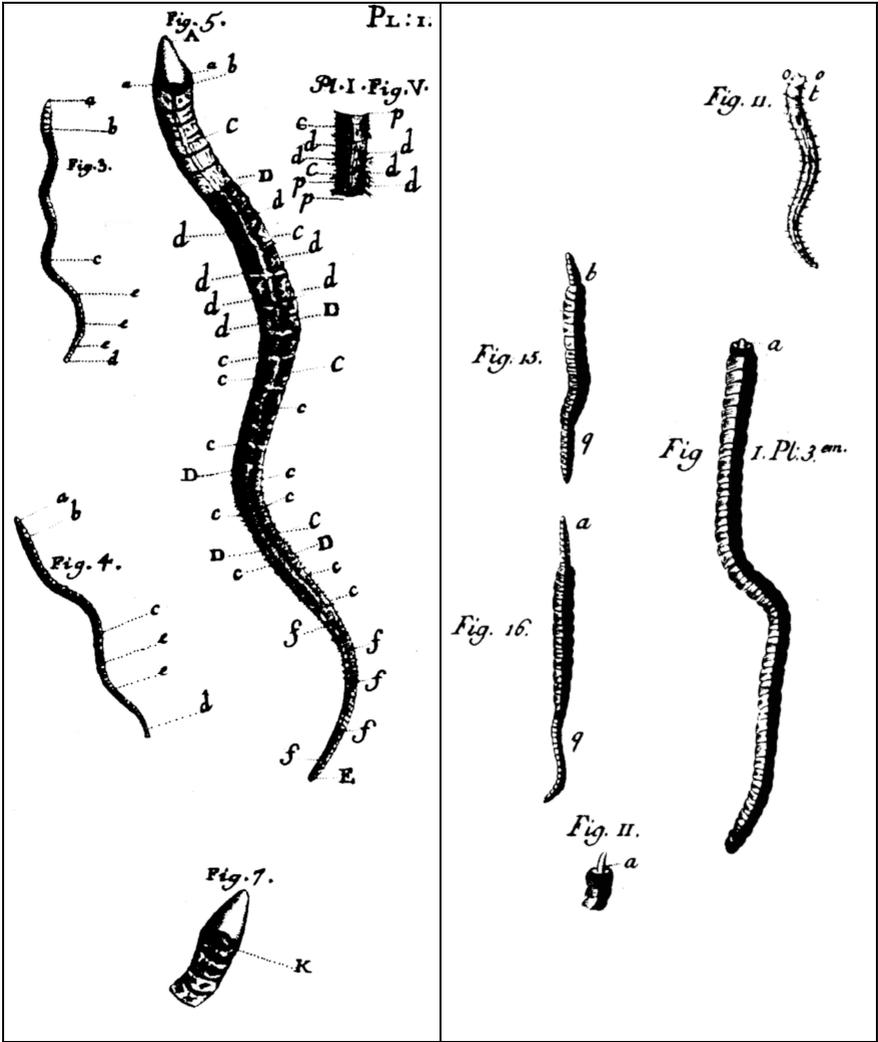
Também precisava explicar porque não ocorria com esses vermes o que fora constatado em um dos tipos de pólipos de água doce (*polype à brás*), em que um mesmo segmento podia dar origem a diversas cabeças ou diversas caudas, conforme o caso. Por que nos vermes aquáticos que investigou não se desenvolvem os germes da cabeça e da cauda na mesma extremidade? Ainda queria explicar por que um pedaço não produzia de uma só vez, nas duas extremidades, uma cabeça e uma cauda. Bonnet considerou que essas dificuldades só podiam ser explicadas por conjecturas e não pela observação direta. Ele as formulou com base na sua “teoria dos germes” como veremos adiante. Antes, vamos conhecer suas observações sobre a regeneração em minhocas.

4 BONNET E A REGENERAÇÃO EM MINHOCAS

Afirmando seguir os passos de Réaumur, que só pudera publicar, antes de morrer, um pequeno trecho no Prefácio do volume sexto de suas *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes* a respeito da regeneração em *vers de terre*, minhocas, Bonnet lembra ao leitor do *Corps organisés* ter feito essas observações à época do *Traité*

Eu as julgava tão imperfeitas quando dei ao Público meu *Traité d'Insectologie*, que evitei fazer um artigo à parte e anunciá-las no título: eu as lancei no final do Livro, e em um lugar onde poucos leitores as perceberam: nas *Explications des Figuras*. Que me seja permitido hoje tirá-las dessa espécie de Obscuridade; pois, ainda que tão imperfeitas, encerram particularidades essenciais ao meu objetivo (Bonnet, 1985, p. 218).

⁷ Réaumur e Bonnet usaram “vers de terre” como um termo genérico para diferentes espécies estudadas, da mesma forma que Spallanzani usou em sentido amplo o termo “lombri-chi terrestri” para diversas espécies que hoje classificaríamos como anelídeos oligoquetas (Monti, 2005, p. 43).



(a)

(b)

Figura 2. Regeneração em minhocas. As figuras mostram uma minhoca inteira, bem como alguns dos cortes utilizados por Bonnet (a); e as partes cortadas durante o processo de regeneração (b). Fonte: Bonnet, 1745, vol. 2.

Comparadas aos vermes aquáticos, “as minhocas são Elefantes”, disse Bonnet, e possuindo composição semelhante à dos animais “mais perfeitos”, as minhocas também mostraram multiplicar-se por cortes, ainda que

mais lentamente (Bonnet, 1985, p. 157). Assim Bonnet relatou, quase duas décadas depois, as observações que havia realizado em 1743 sobre a regeneração em minhocas:

Um verme dessa Espécie que eu cortei transversalmente no meio do corpo em 27 de Julho, começou, em 15 de Agosto, a satisfazer minha curiosidade. Da extremidade posterior da parte anterior, daquela que continha a cabeça do Inseto, saiu um apêndice vermiforme [...] e de coloração mais clara que o resto do corpo. [...] Esse apêndice, ou para exprimir-me mais exatamente, essa nova parte posterior era bem organizada. Ela era formada de uma série de anéis bem apertados. (Bonnet, 1985, pp. 219-220)

Bonnet complementou:

Ao final de um mês e meio, a partir do dia da operação, essa nova parte posterior, inicialmente tão fina, havia adquirido uma largura quase igual à do resto do corpo, e ela havia crescido proporcionalmente em comprimento. Sua cor havia tomado uma tonalidade mais escura, e os novos *intestinos* estavam cheios de terra. Sabe-se que essa espécie de minhoca alimenta-se dela. Os intestinos novamente regenerados estavam, portanto, capazes de desempenhar suas funções. (Bonnet, 1985, pp. 222-223)

Bonnet tentou diversas vezes ver a reprodução da porção anterior da minhoca seccionada, ou seja, da cabeça e dos órgãos próximos que caracterizam os dois sexos desses animais, cujo hermafroditismo era conhecido. Mas não conseguiu. A ferida cicatrizou, surgiu um pequeno ponto branco que cresceu pouco a pouco e tomou a forma de um botão que se alongou lentamente, como mostravam as figuras 2, 3 e 4 daquela prancha 3 do *Traité d'insectologie* (Figura 2). Mas o animal adquiriu coloração mais clara e transparente, permaneceu em geral sem agilidade e acabou morrendo ao final de nove meses. Em função do fracasso dessa observação, e lembrando da deficiência visual progressiva que lhe acometera, é que Bonnet havia conclamado os naturalistas a completarem os estudos sobre “o grande mistério da geração”, aprofundando-o em uma só espécie e, preferencialmente, nas minhocas.

5 SPALLANZANI E A REGENERAÇÃO EM MINHOCAS

Como já vimos, ao ler o texto de Bonnet, Spallanzani acumulava dois meses de estudos em minhocas, mas ao redigir a carta de 1766, seguiu a

mesma seqüência dos escritos de Bonnet⁸. O relato das experiências sobre a regeneração é precedido pela descrição das observações anatômicas que enfatizaram o sistema cardio-vascular das minhocas. Spallanzani reportou uma série de experimentos que realizou para verificar a afirmação de Bonnet de que as minhocas possuíam *estigmas* nas laterais do corpo, responsáveis pela respiração do animal, de modo análogo ao de outros insetos. Mergulhando minhocas em diferentes líquidos e também no vácuo de garrafa de Leyden, Spallanzani concluiu pela inexistência de tais estruturas, deixando em aberto qual seria o real mecanismo respiratório desses animais.

Em seguida, Spallanzani enumerou seis séries de experiências sobre as reproduções das partes seccionadas, destacando os resultados obtidos em cada uma delas. Assim ele descreve a primeira:

1. Cortar transversalmente uma minhoca em três partes, de modo que o ovário e os pequenos sacos fiquem na parte anterior, ou seja, na parte que contém a cabeça do verme. Resultado. Ao final de alguns meses, as partes posteriores, ou caudas, e as partes intermediárias morreram, exceto 5 ou 6 de que farei adiante. As anteriores que continham o ovário e os sacos, depois de 16 ou 20 dias começaram a desenvolver um botão bem pequeno [...]. (Spallanzani, [1766], 1984, p. 28)

A seguir, apresentamos uma reconstituição esquematizada dessa primeira e demais 5 séries experimentais:

1. Corte transversal em 3 partes:
 - 1a – cabeça + ovário + pequenos sacos;
 - 1b – parte intermediária;
 - 1c – cauda.

Resultado:

- 1a – desenvolveram e formaram nova cauda;
- 1b – quase todas morreram*;
- 1c – quase todas morreram**.

*/** Depois de 10 meses, tendo desenvolvido na extremidade anterior (cabeça) apenas um pequeno cone, sem anéis, e uma cauda longa, com anéis, na extremidade posterior (também observado por Bonnet).

⁸ Além das minhocas, nessa carta Spallanzani também relatou as observações que fez sobre a regeneração em caramujos, salamandras e girinos.

2. Corte transversal em 3 partes:

2a – cabeça;

2b – parte intermediária + ovário + pequenos sacos;

2c – cauda.

Resultado:

2a – todas morreram;

2b – diversas produziram cabeça (bem pequena) e cauda (bem longa): começaram a alimentar-se;

2c – apenas três não morreram*.

* depois de 10 meses, tendo desenvolvido apenas um pequeno cone, sem anéis, na extremidade anterior (para a cabeça) e, uma cauda longa, com anéis, na extremidade posterior (também observado por Bonnet).

3. Corte transversal em 2 partes (Bonnet):

3a – cabeça;

3b – corpo + ovário + pequenos sacos.

Resultado:

3a – todas morreram;

3b – produziram uma cabeça que se igualou à original.

4. Partes cortadas em dois planos distintos simultaneamente:

4a – corte longitudinal, desde a cabeça até dois terços do comprimento;

4b – cauda.

Resultado:

4a – morreram;

4b – morreram.

5. Partes cortadas em dois planos distintos simultaneamente

5a – cabeça;

5b – cauda cortada longitudinalmente até dois terços do comprimento.

Resultado:

5a – produziram caudas;

5b – morreram.

6. Corte longitudinal

6a – de toda a extensão do corpo em 2 partes.

Resultado:

6a – todos morreram.

Spallanzani afirmou ter empregado 200 minhocas para cada resultado e considerou que suas experiências demonstravam que:

- As minhocas são capazes de regenerar a cabeça e a cauda; a regeneração da cabeça é mais rápida que a da cauda, conforme resultados acima indicados como 2b e 3b.
- As minhocas regeneram apenas em certas porções e em porções de um determinado comprimento (quando o segmento cortado contém os órgãos reprodutores), conforme resultados positivos em 2b e 3b e negativos em 1b, 1c, 2c e 3a.
- A regeneração em minhocas difere, portanto, da regeneração nos pólipos de água doce, capazes de gerar indivíduo com diversas cabeças e diversas caudas.
- A regeneração em minhocas difere da regeneração de vermes aquáticos, cujos segmentos seccionados, mesmo minúsculos e de qualquer parte, regeneram cabeças e caudas.
- As particularidades da regeneração estão relacionadas às diferentes estruturas dos animais.

Em suma, pode-se constatar que Spallanzani executou observações em minhocas de modo a complementar o que Bonnet havia deixado sem evidenciar, a reprodução da cabeça. Indicou o quanto essa reprodução estava relacionada à anatomia interna do animal, como Bonnet o fizera para os vermes aquáticos. Spallanzani apenas repetiu, portanto, as mesmas experiências, introduzindo pequenas variações (cortes longitudinais), que lhe haviam sido sugeridas por Bonnet. Assim, nesse estudo, Spallanzani não forneceu conhecimentos novos significativos, nem desenvolveu novos procedimentos experimentais. A sua importância está em ter expandido os dados empíricos sobre o fenômeno da regeneração a espécie mais complexa de animal, como a minhoca.

Além das observações e experiências, a carta que Spallanzani escreveu em 21 de setembro de 1766 também contém especulações teóricas para explicar o fenômeno com base na teoria da preexistência dos germes tal como formulada por Bonnet, como veremos a seguir.

6 A TEORIA DA PREEXISTÊNCIA DOS GERMES

Como seus contemporâneos, Bonnet se preocupou em fornecer uma explicação teórica para as descobertas sobre os modos pelos quais as

plantas e os animais se reproduzem, crescem e se regeneram. Como ele mesmo repetiu diversas vezes nos livros aqui mencionados, essas explicações teóricas eram “conjecturas” elaboradas a partir dos dados obtidos em suas próprias observações e nas observações dos naturalistas que citava.

Bonnet procurou conciliar as descobertas à hipótese que defendia acerca da geração. Bonnet usou termos diferentes para referir-se a essa hipótese: “teoria da preexistência”, “teoria da evolução” e ainda “teoria dos germes”. Alegou que a descoberta da regeneração era muito útil à História Natural, porque, em seu entender, fortalecia suas conjecturas. Ele disse:

A primeira utilidade [da descoberta da regeneração] é a de aperfeiçoar e estender nossas idéias sobre a economia animal em geral. [...] A segunda [...] diz respeito à maneira pela qual são produzidos os corpos organizados. Para explicá-la, a nova Filosofia inventou a bela teoria dos germes contidos uns dentro dos outros, que se desenvolvem sucessivamente. Nada é mais apropriado para confirmar essa doutrina [...] do que a descoberta dos insetos que se multiplicam *por cortes (bouture)*. Como explicar de outro modo e satisfatoriamente tudo o que concerne a essa maravilhosa multiplicação? (Bonnet, 1745, vol. 2, pp. xix-xxiv)

Assim também raciocinou Lazzaro Spallanzani ao final da carta a Bonnet, onde explicita sua concordância com o que chamou “2º princípio de reparação nos animais e vegetais” que o genebrês havia proposto e que considerou “bem justo”. O princípio do “desenvolvimento de germes suspensos nos seres vivos; por eles o sr. explica a regeneração de um novo todo orgânico, ou de uma nova parte integrante” (Spallanzani, [1766], 1984, p. 40).

Bonnet definia “corpos organizados” como aqueles que crescem e se multiplicam e são formados de partículas elementares arranjadas entre si como uma malha, formando “fibras simples”⁹. Estas fibras simples (“que não são elas mesmas compostas de outras fibras, o que iria ao infinito”) eram, para Bonnet, elementos particulares que, por sua vez, formariam os

⁹ Bonnet supunha a existência de dois tipos de elementos: os primitivos ou inorgânicos, tomados como corpos simples e homogêneos, como um glóbulo de ar ou um glóbulo de água; e os elementos secundários ou orgânicos, como os germes, são formados a partir dos átomos inorgânicos, sendo compostos, ainda que invariáveis ou imperecíveis (Bonnet, 1985, p. 61).

vasos e todos os outros órgãos. Essa constituição interna do corpo organizado, Bonnet relacionou com os germes:

A Matéria foi prodigiosamente dividida e os Germes são, de certo modo, as últimas divisões da Matéria organizada. O meu objetivo aqui é o de procurar estabelecer que isso que nomeamos produção ou reprodução nas nossas espécies de *Zoófitos* não é senão o desenvolvimento de pequenos Todos orgânicos que preexistiam no grande Todo em que reparam as perdas. [...] Não é jamais uma *geração* propriamente dita; é sempre a simples *evolução* do que já estava engendrado. (Bonnet, 1985, p 241)

Outro aspecto relacionado à preexistência diz respeito ao que se chamou à época “panspermia” e “encaixamento” (*emboitement*). Segundo a panspermia, os germes se encontrariam em toda parte e iniciariam seu crescimento quando encontrassem local adequado. Segundo o *emboitement*, os germes estariam armazenados ou encaixados, uns dentro de outros. Sobre as duas hipóteses, posicionou-se Bonnet mais favorável à segunda, conforme suas palavras, já destacadas em Castañeda (1992, p. 123):

Essas duas hipóteses possuem, cada uma, sua probabilidade. Mas não se pode supor um encaixamento ao infinito, o que seria absurdo. A divisibilidade da matéria ao infinito, pela qual se pretendeu sustentar esse encaixamento, é uma verdade geométrica e um erro físico. Todo corpo é necessariamente finito; todas as suas partes são necessariamente determinadas, mas essa determinação nos é desconhecida. Nós ignoramos absolutamente quais são os últimos termos da divisão da matéria. (Bonnet, 1985, p. 87)

No *Contemplation de la nature*, Bonnet também advertiu que a noção de *encaixamento* não implicava na idéia de infinitas miniaturas de corpos inteiramente prontos, uns dentro dos outros, como o modelo das bonecas russas¹⁰:

Eu disse que não se deve imaginar que todas as partes de um corpo organizado estão em miniatura no germe, precisamente do mesmo modo como aparecem, grandes, no todo desenvolvido. [...] Todas as partes [do germe] têm arranjos que diferem extremamente daqueles que obterão em seguida e que serão o efeito natural da impulsão dos líquidos e da *evolução*. Eu acres-

¹⁰ Para Bonnet, o *emboitement* implicava em que gerações sucessivas de organismos estariam encapsuladas umas dentro das outras, mas não conforme descreveu Nicolas Malebranche (1638-1715) em *De la recherche de la vérité* (*Sobre a pesquisa da verdade*), de 1674, dizendo que os germes dos pequenos seres que irão nascer preexistem no corpo, ou no “ovo” da mãe, encaixados uns dentro dos outros.

cento aqui que entendo pela palavra *germe* toda pré-ordenação, toda preexistência de partes capazes, por si mesmas, de determinar a existência de uma planta ou de um animal. (Bonnet, 1764, vol. 1, pp. xxviii-xxix)

Nesse sentido, Bonnet considerava os germes dotados de uma espécie de eternidade que, através da reprodução, passavam de um organismo a outro, onde se desenvolviam ou, como dizia, “evoluíam”. Além disso, Bonnet acreditava que esses germes preexistentes eram transmitidos pelos ovos das fêmeas, e não pelo sêmen masculino, como expressou no trecho a seguir:

Todo Corpo organizado preexistia antes da fecundação, e esta não fazia mais que proporcionar o desenvolvimento do Todo orgânico desenhado, antes, em miniatura, na semente [da planta] ou no ovo”. [...] Eu tentava explicar como a fecundação operava esse efeito e, à medida que eu analisava, eu me persuadia cada vez mais que seria demonstrada um dia a preexistência do Germe dentro da fêmea, e que o espírito seminal [do macho] não engendraria nada. (Bonnet, 1985, p. 14)

Os ovários das fêmeas conteriam “embriões preformados que apenas esperavam, para começarem a se desenvolver, a ajuda de certas causas” (Bonnet [1762], 1985, p. 114). Aqui entrava em cena o sêmen masculino: essa causa seria o contato com a matéria seminal (pólen dos estames ou líquido seminal do macho), entendida como “uma espécie de fluido nutritivo, destinado a tornar-se o princípio de desenvolvimento” do ovo, no momento da fecundação (Bonnet, 1985, p. 31).

O líquido seminal entraria no germe do interior do ovo, “onde tudo está em repouso perfeito e tudo é sólido”, iniciando uma circulação que anima todas as suas partes (Castañeda, 1992, p. 130). O líquido seminal funcionaria, portanto, como um tipo de estimulante ao movimento. Enquanto circula e faz circular as partes, o líquido seminal também penetra nos órgãos do embrião, animando-os. Assim, por exemplo, ao ingressar no coração, iniciaria o seu movimento. Ao mesmo tempo, distendendo e abrindo as malhas internas do germe, modificaria o seu interior e ocasionaria o seu desenvolvimento.

Sendo um suco nutritivo, o líquido seminal conteria “as moléculas que correspondem às diferentes partes do macho; pois ele imprime ao Germe os traços de semelhança com diferentes partes daquele [macho]” (Bonnet, 1985, p. 426). Assim, o líquido seminal teria o duplo papel de “animar”, ou seja, dar início, e também de manter o desenvolvimento do germe, isto por

meio de um processo nutritivo que propiciaria o crescimento ao mesmo tempo em que imprimiria as características do macho.

A partir daí, o germe, inicialmente invisível, por ser muito pequeno e translúcido, cresceria pela ação desses fluidos, ganhando gradativa espessura e visibilidade. Bonnet ainda argumentou que, a partir desse momento, a teoria alternativa da epigênese servia para explicar o desenvolvimento do organismo¹¹. Ou seja, *depois* da fecundação, como vemos no trecho a seguir:

Eu acabo de expor ao meu leitor diversos fatos interessantes que parecem reunir-se para fazer da *evolução* uma lei geral do sistema orgânico. Essa lei supõe manifestamente a preexistência dos germes; nada pode desenvolver-se que já não esteja pré-formado. O animal vegeta [isto é, se desenvolve] como a planta. Mas a evolução [segundo a preexistência] não exclui por si mesma a epigênese. O animal formado por *justaposição* na afluência das duas sementes, sujeitar-se-ia em seguida à lei do desenvolvimento [ou seja, aquela que é descrita pela epigênese]. (Bonnet, 1985, p. 142)

7 A TEORIA DA PREEXISTÊNCIA APLICADA À REGENERAÇÃO

Bonnet procurou mostrar como a teoria dos germes explicava também o caso particular da formação das partes perdidas de um animal. Uma vez que, nesses casos, não havia fecundação era preciso esclarecer como ou o quê provocava o início do desenvolvimento da parte regenerada.

O primeiro “fato de observação” relativo à regeneração que Bonnet pretendeu explicar foi a própria conservação da vida em cada porção do indivíduo repartido. Isso era possível, disse ele, desde que se admitisse que cada pedaço do animal contivesse todas as partes necessárias à vida e que a estrutura interna fosse tal que a sua separação do todo não causasse qualquer desarranjo. Essas partes necessárias à vida eram os “germes” que, distribuídos por todo o corpo do animal ou planta, estariam apenas esperando uma circunstância favorável para desenvolver-se.

¹¹ Bonnet fez a contraposição de sua teoria à “epigênese” defendida pelo “autor da *Venus physique*”, ou seja, Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), que havia publicado esse livro de forma anônima. O termo epigênese aparece poucas vezes no *Corps organisés*, onde é mais freqüente o uso alternativo das expressões “explicação puramente mecânica”, “formação mecânica dos germes” (Bonnet, 1985, pp. 121; 37; 39).

Assim se expressou Bonnet:

A secção produz essa circunstância. Ela desvia, a favor dos germes, a parte do fluido alimentar que teria sido usada no crescimento do Verme inteiro; da mesma maneira que, de forma semelhante, *podando* uma árvore, ou cortando um de seus grandes ramos, vê-se sair em volta do corte um grande número de botões que, sem essa operação, não teriam se desenvolvido. (Bonnet, 1985, p. 40)

Spallanzani concordava com isso que chamou de primeiro dos dois princípios de desenvolvimento propostos por Bonnet:

Pelo desenvolvimento de pequenos filamentos que, seguindo certas circunstâncias, são obrigados a prolongar-se em diversos sentidos, o Sr. explica a regeneração de uma nova pele num animal, da nova casca num vegetal, as feridas etc. (Spallanzani, [1766], 1984, p. 40)

Mas, se cada germe é um animal em miniatura, ou melhor, possui em miniatura todas as partes de um animal adulto, como explicar, entre outros casos, o da regeneração exclusiva da parte que foi perdida, como a pata da lagosta, ou a cabeça, ou a cauda, de uma minhoca seccionada? E como explicar por que o desenvolvimento que se iniciou em uma das partes do germe não continua em todas as outras partes desse germe, dando origem não apenas à parte perdida do animal, mas, simultaneamente, a outras partes?

Para solucionar essas dificuldades, Bonnet mencionou duas possibilidades: ou haveria germes particulares para cada parte do corpo ou os germes seriam de um único tipo e algum impedimento seria responsável pelo crescimento diferenciado de suas partes. Inicialmente, Bonnet mostrou-se inclinado por esta segunda alternativa, como vemos no trecho à seguir:

Essas dificuldades [...] se reduzem, me parece, a imaginar causas capazes de impedir o desenvolvimento de algumas partes do Germe. De fato, não creio que se possa admitir Germes particulares para cada órgão, e multiplicar assim inutilmente os Seres. (Bonnet, 1985, p. 40)

Bonnet pensava que as partes dos germes que se alimentam e crescem são aquelas cujo arranjo, posição ou estrutura assim o permitem. Também a relação da estrutura do germe com a estrutura do corpo onde se desenvolve, bem como algumas circunstâncias exteriores (Bonnet forneceu o exemplo da umidade para o caso das plantas) foram apontadas como responsáveis pelo desenvolvimento de uma parte do germe e não das

outras.

Assim, Bonnet imaginou que em um corpo que sofre um corte, os germes mais próximos à região do corte se multiplicam. Além disso, o que se multiplica não é o germe inteiro, mas apenas aquelas partes que ficam na extremidade do germe mais próxima ao corte. O restante do germe não se desenvolve porque a pressão derivada do aumento de tamanho das partes que se desenvolveram impede que absorva os fluidos nutritivos.

Bonnet resumiu o processo desta forma, no capítulo IV da primeira parte do *Corps organisés*:

LII. Dessas diferentes fontes, tiramos portanto as seguintes conjecturas:

1º. Que os Germes destinados a completar cada porção estão arranjados em fila, no meio e ao longo do interior do Verme.

2º. Que eles estão colocados ali de modo que sua parte anterior se volte à cabeça do animal.

3º. Que no Verme inteiro, os Germes ou não recebem nenhum alimento, ou, se recebem, o efeito é aniquilado pela resistência ou pressão das partes vizinhas.

4º. Que o efeito da secção é, primeiramente, desviar para o Germe mais próximo do corte, a parte do fluido nutritivo que teria sido empregada para a alimentação e crescimento do Todo; secundariamente, facilitar a erupção e o alongamento do Germe, fornecendo-lhe um espaço livre.

5º. Que à medida que o germe cresce e se estende, a parte de seu corpo que fica dentro do corpo do Verme, ou no pedaço, se une a ele por um verdadeiro *anexo*, os vasos de um gênero se juntam aos do mesmo gênero, de modo que se estabelece entre eles uma circulação comum e direta, como se vê acontecer às porções de diferentes pólipos, colocados ponta a ponta. (Bonnet, 1985, p. 41)

No entanto, mais tarde, esse modelo pareceu a Bonnet gerar dificuldades difíceis de solucionar. Ele retomou argumentos já expostos por Réaumur em seus estudos publicados, em 1712, sobre a regeneração em lagostas (Figura 3). Um dos problemas era o da quantidade de germes necessários para dar conta do modelo de um único tipo de germe. Cada ponto da pata de uma lagosta, por exemplo, teria que possuir um germe que viesse a se desenvolver quando necessário. E como cada nova pata de lagosta, outra vez perdida, também é reposta, seria necessário ainda admitir que cada nova pata fosse preenchida, como as anteriores, de uma infinidade de germes.

Por sua vez, a suposição da existência de germes de tipos diferentes, particulares para cada parte do organismo, reduziria significativamente o número de germes necessariamente armazenados em cada corpo. Dessa forma, Réaumur mostrou-se favorável à essa alternativa, conforme o trecho a seguir:

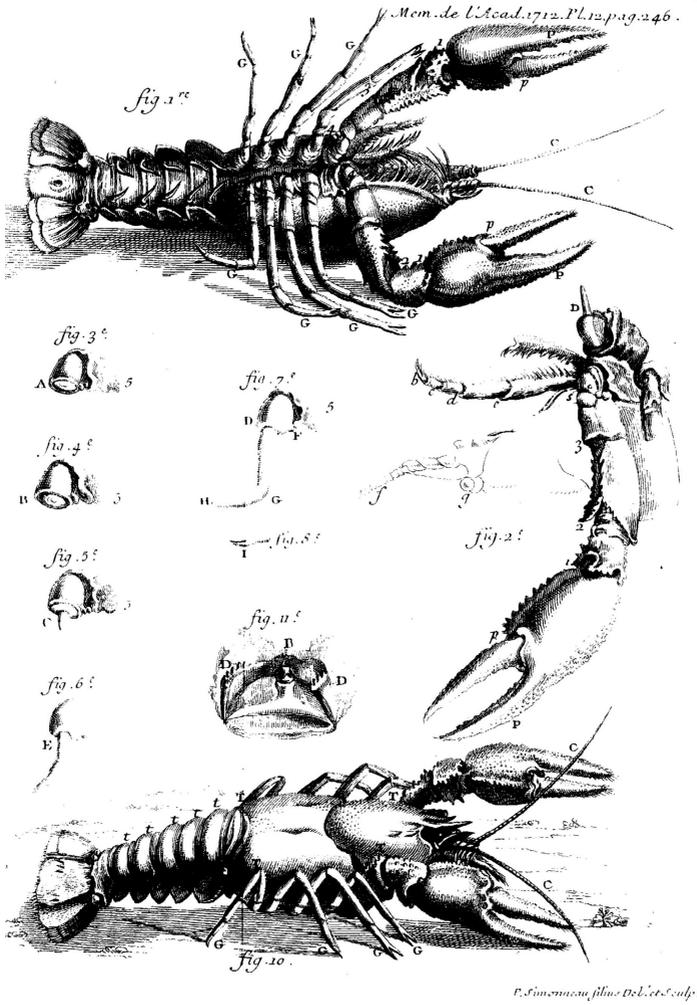


Figura 3. Regeneração em lagostas. Fonte: Réaumur, 1712.

Diríamos que para a parte cortada, transporta-se bastante quantidade de suco nutritivo e suficiente para formar as novas carnes. Mas onde encontrar a causa que divide essas carnes em diversas articulações, que formam nervos, músculos, tendões diferentes. Tudo o que podemos adiantar de mais cômodo e, talvez, de mais razoável, seria supor que essas pernas pequenas que vemos nascer estavam, todas elas, encerradas em pequenos ovos e que tendo cortada uma parte da pata, os mesmos sucos que nutriam e faziam crescer essa parte, foram empregados para fazer desenvolver e nascer a espécie de pequeno **Germe de pata**, encerrado nesse ovo. (Réaumur, 1712, p. 232; sem ênfase no original)

Réaumur supôs que haveria uma provisão de germes de patas e de partes de patas, de maneira semelhante à provisão que os animais têm para a reposição dos dentes. Adotando essa mesma perspectiva, Bonnet apresentou então a sua mudança de opinião, conforme escreveu no Capítulo 1 da parte 2 do *Corps organisés*:

Esses Germes devem representar em miniatura um Animal inteiro, uma vez que são preparados pela multiplicação natural do Inseto. Mas não há também Germes destinados a reparar a perda de uma ou de outra das extremidades? Esses Germes contêm também os elementos de todas as partes próprias ao Inseto? Eles são o próprio Inseto, em miniatura? Não é somente a parte anterior que se desenvolve no Germe destinado a reparar a perda da cabeça, etc.? Eu parecia admiti-lo no Capítulo IV, da primeira Parte, Artigos I, LI e LII, e indiquei algumas causas que podem impedir o crescimento da parte do Germe que não deve se desenvolver. Hoje, após ter refletido por mais tempo, não vejo nenhum inconveniente em supor nesse tipo de Verme, Germes de partes anteriores e Germes de partes posteriores. (Bonnet, 1985, p. 239)

Além disso, Bonnet também expressou a preferência pela suposição da existência de germes dissimilares entre si conforme o tipo de reprodução a que se destinam. Alguns estariam encerrados nos ovários e dariam origem a novos organismos; os que se encontram distribuídos pelo corpo seriam os responsáveis pela regeneração, conforme o trecho a seguir:

O Autor da Natureza encerrou, pois, nos ovários da Galinha, os Germes dos Pintinhos que devem nascer. Pode-se dizer que ele colocou nos corpos dos diferentes Vermes, espécies de ovários que contêm Germes prolíficos. Mas enquanto os ovários da Galinha ocupam uma região particular, esses de nossos Vermes estão espalhados por todo o tronco. A experiência o demonstra, pois em qualquer lugar do tronco que se faça uma secção, ele reproduz novos órgãos. (Bonnet, 1985, pp. 238-239)

Assim, além dos “germes prolíficos”, existiriam os germes responsáveis pela reposição de partes perdidas. Estes, por sua vez, eram “particulares”, ou parciais, isto é, específicos para cada parte do corpo. Haveria, por exemplo, germes de cabeça e germes de cauda.

Diante desta concepção, Bonnet se viu obrigado a propor uma nova explicação para o desenvolvimento do germe correspondente à exata parte perdida. Por que nasce uma cabeça, e não uma cauda, na extremidade anterior de um verme aquático seccionado? Uma vez que “o desenvolvimento é sempre o efeito da nutrição”, ele buscou essa nova explicação na distribuição do sangue pelo corpo do verme e que resumimos a seguir.

Além da grande artéria que observara sempre conduzir o sangue no sentido ascendente ao longo do corpo do verme, Bonnet apresentou como uma “conjectura permitida”, uma vez que não dispunha de confirmação observacional, a existência de outras artérias, de movimento descendente, que assegurassem a nutrição para as partes posteriores do verme. Estas artérias descendentes poderiam ter “ligações diretas e imediatas”, nas partes anteriores do verme, com os germes da cabeça e não com os germes da cauda, garantindo o desenvolvimento dos primeiros, mas não destes últimos (Bonnet, 1985, p. 244).

Como vimos anteriormente, Spallanzani concordava com a teoria dos germes formulada por Bonnet. A passagem a seguir também o expressa claramente:

A regeneração de uma cabeça em uma minhoca ou em um caramujo exige necessariamente um germe que se desenvolve, de outra forma o fenômeno fica inexplicável. Isso está fora de questão. (Spallanzani, [1766], 1984, p. 40)

Mas além de aceitar o modelo, aqui vemos o interesse que tinha em encontrar evidências que o confirmassem:

Esse germe que se desenvolve na porção seccionada, segundo o Sr. é uma espécie de enxerto animal. À medida que os vasos do germe se desenvolvem, eles se encontram em diferentes pontos com os vasos da porção seccionada, e desse encontro resulta uma circulação comum. É assim que o Sr. explica de uma maneira bem natural como a parte nova reproduzida se une à porção seccionada. Para confirmar essa vossa bela explicação, seria desejável encontrar algum vestígio desse enxerto nos animais, como nós o encontramos nos vegetais. Nestes, as *anastomoses* são bem visíveis [...] Na reprodução dos pequenos animais, o Sr. bem refletiu, *a pequenez e a transparência dos vasos não permitem que se observem essas anastomoses*. Parece-me, no entanto, que essas *anastomoses* deveriam aparecer nos animais grandes; e o cara-

mujo devia ter lugar entre eles. [...] Antes que o inverno se aproxime, eu quero dedicar-me a essa pesquisa com toda a atenção. (Spallanzani, [1766], 1984, p. 40)

Outros aspectos da teoria que precisavam ser evidenciados também foram tomados pelos autores aqui discutidos. Ao compararem a formação dos dentes à regeneração, Réaumur e Bonnet achavam necessárias observações planejadas para conhecer qual o tamanho da provisão de germes que encerram em miniatura as partes semelhantes àquelas que a natureza teria intenção de repor. Bonnet fez experimentos tentando determinar o tamanho dessa provisão no caso dos vermes de água doce, e relatou ter visto o mesmo indivíduo, em água pura, produzir, sucessivamente, doze cabeças, depois de ser mutilado onze vezes em sua porção anterior. Spallanzani também seccionou seguidamente o mesmo animal para tentar conhecer se havia um número limite de germes provisionados para a regeneração.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Réaumur iniciou a sua memória sobre a reprodução de algumas partes das lagostas, lembrando que os filósofos recusavam-se a acreditar na fé dos homens do povo que relatavam sobre um fato tão surpreendente quanto esse. Seriam desculpados os filósofos, diz Réaumur, se baseados no estudo da Natureza:

Os sábios são bem prevenidos contra as maravilhas que o vulgo crê de boa vontade. É uma disposição sábia, mas também não devem jamais negar os fatos mais surpreendentes da mesma maneira que o povo o faz, isto é, sem tê-los examinados com bastante cuidado. (Réaumur, 1712, p. 223)

Os relatos que apresentamos aqui servem de exemplos de que o fenômeno da regeneração tornou-se um tema privilegiado das observações efetuadas por naturalistas do século XVIII. Também procuramos mostrar que a regeneração adquiriu esse status que hoje denominamos de “objeto de pesquisa”, de forma associada aos diferentes tipos de reprodução dos organismos e respectivos processos de crescimento. Reunidos, os estudos desses fenômenos eram obrigatórios para a discussão das teorias de geração dos seres.

Por outro lado, nosso interesse foi o de identificar algumas relações entre as pesquisas de Bonnet e Spallanzani. Em Bonnet, vimos as linhas gerais que nortearam a sua investigação empírica e o modo como procurou

explicar os fenômenos observados por meio de conjecturas articuladas em torno do que denominou “teoria dos germes”. Nesse aspecto, apontamos que algumas de suas idéias provinham de Réaumur. Em Spallanzani, mostramos que embora tivesse iniciado suas observações de forma independente, o pronto acesso às obras de Bonnet acabou direcionando a sua investigação sobre a regeneração. Spallanzani seguiu o mesmo roteiro das observações de Bonnet, o que o levou a expandir parcialmente os dados empíricos sobre o fenômeno da regeneração em animais mais complexos que os examinados minuciosamente por Bonnet.

Do ponto de vista metodológico, a regeneração, assim como outros fenômenos estudados nos seres vivos naquele século, contribuiu para o fortalecimento de procedimentos experimentais que contrariavam a perspectiva apresentada em diversas obras destinadas à história da biologia. Dentre os aspectos centrais, podemos citar, a título de exemplo, a “constância filosófica”, ou seja, o ocupar-se de um só tipo de animal em toda a profundidade necessária, como fizeram os autores aqui mencionados com minhocas, caramujos, lagostas etc.

Outro aspecto é o da comparação do fenômeno observado em animais diversos, relacionando com sua organização mais ou menos “composta”. Este aspecto indica claramente que esses naturalistas vinculavam os estudos da microestrutura anatômica às experiências voltadas a conhecer o funcionamento dos seres vivos. Os naturalistas observadores aqui mencionados, tanto basearam-se nos estudos dos anatomistas, quanto complementaram com suas próprias observações tudo o que se relacionava às funções que investigavam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARISTOTE. *Histoire des animaux*. Paris: Gallimard, 1994.

BONNET, Charles. An abstract of some new observations upon insects. Translated from the French by P. H. Z. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **42**: 458-488, 1742-1743.

———. *Traité d'insectologie ou observations sur les pucerons*. Première partie. *Traité d'insectologie ou observations sur quelques espèces de vers d'eau douce, qui coupés par morceaux, deviennent autant d'animaux complets*. Seconde partie. Paris: Durand, 1745.¹²

¹² Disponível em: <<http://gallica.bnf.fr>>. Acesso em: 01 junho 2007.

- . *Considérations sur les corps organisés*. [1762]. Paris: Fayard, 1985.
- . *Contemplation de la nature*. Amsterdam: M.-M. Rey, 1764. 2 vol.¹³
- CASTAÑEDA, Luzia A. *As idéias pré-mendelianas de herança e sua influência na teoria de evolução de Darwin*. Campinas, 1992. Tese (Doutorado em Genética e Evolução) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- CHURCHILL, Frederick B. Regeneration: 1885-1901. Pp. 113-150, *in*: DISNMORE, Charles E. (ed.). *A history of regeneration research: milestones in the evolution of a science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- DINSMORE, Charles E. Lazzaro Spallanzani: concepts of generation and regeneration. Pp. 67-89, *in*: DISNMORE, Charles E. (ed.). *A history of regeneration research: milestones in the evolution of a science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- . Charles Bonnet et le concept de régénération animale. Pp. 91-103, *in*: BUSCAGLIA, Marino et al. (ed.). *Charles Bonnet savant et philosophe (1720-1793). Actes du colloque international de Genève (25-27 novembre 1993)*. Genève: Passé Présent, 1994.
- DIDEROT, Denis & D'ALEMBERT, Jean le Rond (eds.). *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonne des sciences, des arts et des metiers*. Vol. 8. Neufchastel: S. Faulche, 1765.¹⁴
- MONTI, Maria Teresa. *Spallanzani e le rigenerazioni animali: l'inchiesta, la comunicazione, la rete*. Milano: Olschki, 2005.
- RÉAUMUR, René-Antoine Ferchault de. Sur les diverses reproductions qui se font dans les écrevisses, les homards, les crabes [...] et entre autres sur celles de leurs jambes et écailles. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*: 223-242, 1712.
- . *Mémoires pour servir à l'histoire des insectes*. Vol. 1. Paris: Imprimerie Royale, 1734.¹⁵
- SPALLANZANI, Lazzaro. Prodomo di un opera da imprimeri sopra la riproduzioni animali [1768]. Vol. 1, pp. 195-225, *in*: *Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Editado por Pericle di Pietro. Parte quarta, Opere edite direttamente dall'Autore. Modena: Mucchi, 1996.
- . Risultati di esperienze sopra la riproduzione della testa nelle luma-

¹³ A edição de 1781 está disponível em: <<http://gallica.bnf.fr>>. Acesso em: 01 junho 2007.

¹⁴ Disponível em <<http://portail.atilf.fr/encyclopedie/index.htm>> Acesso em: 01 março 2007.

¹⁵ Disponível em <<http://gallica.bnf.fr/>> Acesso em 01 março 2007.

- che terrestri [1782]. Vol. 5, pp. 7-22, *in: Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Editado por Pericle di Pietro. Parte quarta, Opere edite direttamente dall'Autore. Modena: Mucchi, 2001.
- . Memoria seconda ed ultima sopra la riproduzione della testa nelle lumache terrestri [1784]. Vol. 5, pp. 51-103, *in: Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Editado por Pericle di Pietro. Parte quarta, Opere edite direttamente dall'Autore. Modena: Mucchi, 2001.
- . *Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Editado por Pericle di Pietro. Parte prima: Carteggi. Volume secondo: Carteggio con Charles Bonnet. Modena: Mucchi, 1984.
- . Antonio Vallisneri Jr. Vol. 10, pp. 216-278, *in: SPALLANZANI, Lazzaro. Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Editado por Pericle di Pietro. Parte prima: Carteggi. Volume decimo: Carteggi con Sperges [...] L. Vallisneri. Modena: Mucchi, 1988.
- . *Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Editado por Carlo Castellani e Maria Teresa Monti. Parte sesta, Manoscritti. Vol. 1, Quaderni delle rigenerazioni animali. Tomo 1. Modena: Mucchi, 2003.

Emoção e cognição: uma abordagem científica das emoções

Marisa Russo Lecointre*

1 INTRODUÇÃO

A discussão filosófica sobre a questão do corpo e das emoções já pode ser encontrada desde a época antiga nos tratados gregos. No entanto, podemos dizer que a grande discussão sobre o estudo científico das emoções, remonta ao século XVII, início da ciência moderna, quando René Descartes (1596-1650) encontra-se diante do impasse de explicar a relação entre as emoções, produtos da alma, e o corpo. Tal dificuldade refletia na verdade dois problemas: o primeiro deles estava relacionado ao conceito de matéria, tal como este foi concebido na física cartesiana; o segundo pode resumir-se na dificuldade epistemológica que tinha por horizonte a explicação causal entre duas substâncias distintas: o corpo (*res extensa*) e a alma (*res cogitans*).

Ao longo da história da ciência, a física cartesiana e sua concepção dualista da matéria foram duramente criticadas, refutadas ou modificadas, sustentando um debate sobre a natureza das emoções e das faculdades mentais que perdura até os nossos dias. Mas o que realmente mudou no interior das discussões sobre as emoções ao longo destes séculos? Dependendo de como abordamos esta questão podemos dizer que tudo ou nada mudou. Um breve percurso pela história pode nos fornecer algumas pistas sobre o antigo e o novo no campo atual das discussões sobre as emoções.

* Laboratório REHSEIS (*Recherches Epistémologiques et Historiques sur les Sciences Exactes et les Institutions Scientifiques*), UMR 7596, CNRS, Université Paris 7, Dalle les Olympiades, Tour Montréal, 1er étage, bureau 165. 75013 Paris, França. E-mail: marisalecointre@noos.fr

2 EMOÇÃO E CIÊNCIA – UM DEBATE SOBRE A MATÉRIA

A investigação histórica sobre a disputa materialista e reducionista das faculdades mentais e das emoções ao longo dos séculos é um tema rico e complexo que foge ao alcance desta exposição. Uma boa parte destes estudos já foi na verdade realizada e brilhantemente comentada por outros historiadores e filósofos. Nossa intenção aqui limita-se apenas a apontar estrategicamente alguns períodos que marcaram o estudo das funções mentais e das emoções, seja pela concepção teórica ou pela inovação metodológica do estudo empírico.

De modo geral, podemos dizer que o grande debate sobre o estudo das emoções começa já no início da ciência moderna através da obra do filósofo Descartes. A principal contribuição de Descartes ao estudo das emoções encontra-se em sua obra intitulada *As paixões da alma* (Descartes, 1649). Nesse tratado o grande problema de Descartes consistia em explicar a relação causal entre corpo e alma que permitiria compreender a relação entre as emoções e o corpo físico.

A discussão sobre as paixões da alma parece ter estabelecido a grande desordem no universo matemático-físico do sistema cartesiano. Na física cartesiana, o corpo era considerado como uma entidade material, submetido unicamente às leis da física e da matemática, enquanto a racionalidade e as paixões (ou emoções) seriam conferidas à alma. Esta distinção ontológica entre alma e corpo proposta por Descartes não permitia explicar a relação entre o corpo (*res extensa*) e a alma (*res cogitans*) a partir das mesmas leis da física cartesiana, já que estas eram aplicadas unicamente à matéria (*res extensa*). A distinção entre corpo e alma pela física cartesiana parecia expulsar de vez a alma e suas paixões do campo da ciência; no entanto, as emoções, ou paixões da alma, davam sinais evidentes de suas manifestações no corpo físico. Como explicar, então, esta relação entre corpo e alma, duas substâncias ontologicamente distintas, nas quais não se podia aplicar nenhum princípio de causalidade física?

Estava montado assim o palco do grande debate entre dualistas, monistas, materialistas e animistas que viria a fomentar todas as demais discussões que daí se desenvolveram sobre o estudo das emoções e das faculdades mentais em geral.

Ao longo da história, muitas outras teorias tentaram superar a dificuldade cartesiana, oferecendo alternativas para explicar a relação entre alma e corpo, emoção e corpo físico. Nicolas Malebranche (1638-1715), por exemplo, irá valer-se do *ocasionalismo* para explicar a relação aparente entre

corpo e as ações comandadas pela alma. Segundo ele, Deus é a única causa capaz de agir sobre o corpo e a alma, e todo movimento do corpo é na verdade uma ocasião na qual a vontade de Deus se manifesta (Malebranche, 1674-1675). Baruch Spinoza (1632-1677) tentará solucionar o problema de Descartes, admitindo a existência de uma única substância, Deus. À semelhança de Descartes, ele admite que corpo e alma são separados, porém, admite que ambos estão submetidos à única substância possível, Deus, capaz de garantir a coordenação entre corpo e alma (Spinoza, 1677). Em suas obras *Système nouveau de la nature* (1695) e o *Eclaircissement du nouveau système* (1696), Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716), irá oferecer como solução o *paralelismo psicofísico*, ou seja, a idéia de que corpo e alma estariam separados e que toda relação aparente entre eles devia-se unicamente a um paralelismo nos eventos ocorridos, negando assim toda relação causal entre corpo e alma. Com Julien Offray de la Mettrie (1709-1751), o materialismo cartesiano ganha uma nova dimensão, ainda mais radical. Em sua obra *L'homme machine*, La Mettrie irá manter a existência do corpo e alma como duas entidades separadas, mas afirma que todo estado mental depende do corpo. As idéias de La Mettrie serão fortemente apoiadas por Pierre Jean Georges Cabanis (1757-1808), fervoroso defensor do materialismo francês, em sua obra *Rapports du physique et du moral de l'homme* (1802).

No entanto, a grande parte das discussões entre estes autores com o impasse de Descartes ainda se dava no campo da metafísica. Mesmo assim, no final do século XVII e início do século XVIII, já é possível perceber os sinais de um processo gradativo de eliminação da alma no interior do corpo humano que viria a cristalizar-se nos séculos posteriores, onde o corpo e as funções da alma, ou da mente, serão abordados pela psicologia e biologia. Os estudos realizados no campo da fisiologia já no século XVIII fizeram com que muitas das faculdades que outrora pertenciam ao domínio da alma começassem a ser exploradas no interior do próprio corpo físico.

Um dos primeiros passos dados neste sentido pode ser visto no trabalho ainda mal conhecido do médico suíço Albrecht von Haller (1708-1777). Em uma pequena dissertação intitulada *Dissertações sobre as partes sensíveis e irritáveis dos animais*, de 1752, Haller procurou demonstrar empiricamente que a irritabilidade seria uma propriedade física das fibras musculares que permitiria a contração involuntária dos músculos quando estimulados por causas externas. Uma tal teoria diminuía o império da alma sobre o corpo, permitindo compreender em termos fisiológicos o movimento

involuntário dos músculos. O trabalho de Haller foi central para o desenvolvimento das teorias materialistas e reducionistas a partir das quais se construiu uma nova discussão sobre a redução das faculdades a mentais e das emoções à matéria física.

Ao contrário do quase esquecimento da obra de Albrecht von Haller, a história reteve o nome de Charles Bell (1774-1842) pela sua descoberta em fisiologia na qual ele distinguia os nervos motores dos nervos relacionados à sensação (Bell, 1811, p. 36).

No século XIX, o problema da relação entre o corpo e as faculdades mentais, de um modo geral, tornou-se o foco principal das pesquisas científicas da época. Uma grande parte dos fisiologistas e anatomistas passou a dedicar-se à localização das funções cerebrais, abrindo as portas para os grandes estudos em frenologia.

Franz Josef Gall (1758-1828) foi um dos pioneiros a propor a noção de que um processo mental específico estaria correlacionado a uma região particular do cérebro e a tentar demonstrar esta afirmação através de observações empíricas. Em 1810 Gall publica, juntamente com seu amigo Johann Gaspar Spurzheim (1776-1832), a obra *Anatomia e fisiologia do sistema nervoso em geral*, na qual eles apresentam suas principais idéias a este respeito. A idéia central de Gall era a de propor um método de localização das funções cerebrais que pudesse correlacionar as variações de caráter e as diferentes aptidões intelectuais com as variações anatômicas do crânio. Apesar do trabalho de Gall ser frequentemente lembrado como uma tentativa radical de localizar e reduzir todas as funções corporais e mentais, incluindo as emoções, à forma e à anatomia do cérebro, seus estudos inspiraram vários de seus sucessores na tentativa de encontrar correlações mensuráveis entre forma e funções cerebrais.

Estes poucos exemplos servem apenas para ilustrar o fato de que o estudo das emoções comporta dois problemas principais que podem ser encontrados desde o início da ciência moderna e perduram até os dias atuais: trata-se da questão da redução das emoções ao corpo físico e a questão da localização cerebral das emoções.

Nosso objetivo principal é mostrar de que modo as atuais pesquisas e tecnologias aplicadas em neurociência e ciência cognitiva herdaram o problema da redução das emoções e de que modo elas apresentam soluções ou novos problemas a este tema. Em outras palavras, trata-se primeiramente de saber:

1) Os resultados empíricos da ciência atual permitem reduzir as emoções à matéria física? Ou seja, é possível localizar as emoções no espaço

cerebral e limitá-las ao substrato orgânico sem referência às entidades mentais?

2) Se este projeto é possível, poderíamos perguntar qual a proposta reducionista que sustentaria um tal projeto? Quais os limites deste reducionismo?

3 É POSSÍVEL NATURALIZAR AS EMOÇÕES?

Nos últimos 30 anos, o tema das emoções vem se tornando o foco de interesse de muitos estudos científicos. Se consultarmos as atuais bases de produção científica à procura de trabalhos que mencionam no título a palavra *emoção* (*emotion*) veremos que entre 1991 e 2001 existiam aproximadamente 300 trabalhos publicados. Entre 2002 e meados de 2007 este número pula para 2.000 trabalhos publicados. Se nossa procura for realizada utilizando-se *emoção* como palavra-chave, o número de trabalhos entre 1999 e 2001 gira em torno de 10.000 enquanto nos últimos 5 anos, entre meados de 2002 e meados de 2007, este número passa para 35.000. Se considerarmos os trabalhos dedicados ao estudo das diferentes emoções, como raiva, alegria, tristeza, medo e suas relações com a capacidade cognitiva ou com as relações sociais veremos que este número é ainda maior. Outro fator a ser considerado é o número crescente de revistas científicas dedicadas quase que exclusivamente aos estudos das emoções que surgiram nos últimos anos.

No entanto, se nos concentrarmos nas principais questões colocadas pelos pesquisadores nestes trabalhos recentes sobre as emoções, poderemos verificar que elas não sofreram grandes alterações em relação às questões iniciais apresentadas ao longo da história do estudo das emoções. Uma grande parte dos estudos atuais sobre as emoções depara-se com as seguintes questões: de que modo as diferentes emoções de um indivíduo podem ser relacionadas às diferenças no sistema neuronal? Para cada tipo de emoção existiria um substrato neuronal específico ou as diferentes emoções são o resultado de uma função mais geral da integração de certos circuitos neuronais? Quais os sistemas ou regiões cerebrais implicados no reconhecimento ou expressões das emoções? De que modo as emoções interagem com a capacidade cognitiva, comportamento motor e linguagem do sujeito?

Todas estas questões podem resumir-se em uma única questão, que é a de saber de que modo as emoções interagem com o corpo e em particular

com o cérebro? Questões que, como vimos, ecoam ao longo dos séculos, desde o problema apresentado por Descartes.

Mas se por um lado, as questões atuais sobre as emoções parecem ser as mesmas colocadas ao longo da história, por outro, o método utilizado para responder a tais questões mudou radicalmente.

A posição dualista sobre a relação corpo e mente encontrada ao longo da história havia afastado o estudo das emoções do campo científico, fazendo com que este tema fosse abordado principalmente pela psicologia e filosofia. No entanto, o desenvolvimento atual de novas técnicas aplicadas ao estudo do cérebro vem definindo um novo mapa sobre os fundamentos anatômicos e fisiológicos do cérebro, tornando legítima a reflexão da discussão sobre o estudo científico das emoções, da consciência e demais *faculdades mentais* a partir de novos parâmetros, conceitos, metodologia e teorias.

A neurociência definiu-se nas últimas décadas como uma nova disciplina de interface capaz de articular com diferentes áreas do conhecimento, englobando as ciências biológicas, exatas e humanas. Os recentes avanços técnicos obtidos no campo da imagem cerebral, da genética e da neurofarmacologia vêm permitindo a elaboração de diferentes protocolos experimentais aplicados ao estudo do cérebro, causando uma total reestruturação dos modelos, teorias e conceitos utilizados para o estudo das funções cognitivas, da consciência, das emoções, permitindo, de certo modo, retomar as antigas questões sobre as emoções e as chamadas funções mentais, legitimando uma nova reflexão sobre estas questões a partir de novos parâmetros conceituais e experimentais.

As atuais técnicas de imagem cerebral como o CAT *scam* (*computer assisted tomography*), MRI (*magnetic resonance imaging*), o PET (*positron emission tomography*) e o fMRI (*functional magnetic resonance imaging*) vêm sendo apresentadas como verdadeiros instrumentos capazes de estudar o substrato anatômico das emoções. Alguns resultados obtidos a partir destas técnicas são tomados como capazes de avaliar e correlacionar o desempenho mental com alterações funcionais cerebrais, criando a possibilidade de detectar e prever emoções e comportamentos.

Por sua vez, os avanços na área da neuro farmacologia vêm apresentando uma nova geração de medicamentos capazes de aumentar e melhorar nossas funções cerebrais como a memória, a concentração, a vigilância e o desempenho intelectual, o afeto. Os efeitos destes medicamentos podem ser igualmente acompanhados por uma análise funcional cerebral, permitindo um mapeamento anatômico e molecular destes fenômenos.

Recentemente os pesquisadores têm-se voltado com grande atenção para o estudo dos substratos neurais responsáveis pelo reconhecimento das emoções entre os primatas e em particular entre os homens. Uma grande parte destes estudos vem dedicando-se ao reconhecimento das expressões faciais e à veiculação da emoção que estas expressões podem transmitir.

Com o auxílio das técnicas de imagem cerebral tem sido possível detectar regiões do cérebro implicadas no reconhecimento das expressões de dor, alegria, tristeza. Os estudos em imagem cerebral mostraram que existe um aumento da atividade na região da amígdala quando os sujeitos se deparam com rostos que exprimem medo (Breiter *et al.*, 1996; Hariri *et al.*, 2003; Morris *et al.*, 1996; Phillips *et al.*, 1997; Whalen *et al.*, 2001), raiva (Whalen *et al.*, 2001), tristeza (Blair *et al.*, 1999) e alegria (Breiter *et al.*, 1996; Dolan *et al.*, 1996).

A importância destes estudos não se limita apenas aos estudos dos substratos neuronais das emoções mas também se estende ao estudo dos substratos neuronais responsáveis pelo estabelecimento do contato social entre animais e sobretudo entre os homens.

O estudo com pacientes portadores de lesões cerebrais ou doenças cerebrais congênicas também tem ajudado a demonstrar a importância de determinadas regiões cerebrais para a expressão ou reconhecimento das emoções.

Foi verificado que pacientes autistas, que possuem um déficit na interação social, apresentam uma disfunção de certas regiões do cérebro que estariam ligadas ao reconhecimento de certas emoções e expressões faciais, como por exemplo, a amígdala (Baron-Cohen *et al.*, 1999).

Nos últimos quinze anos tem-se verificado que o estudo das emoções assume um papel importante em uma outra dimensão de nossa percepção do mundo. O interesse atual pelas emoções não se limita mais ao conhecimento de um mundo subjetivo do ser humano, mas ele passa a assumir um papel vital na evolução biológica e social do ser racional. Em outras palavras, se a tradição filosófica ocidental assumia que toda decisão era decorrente de um processo racional, que envolvia nossa faculdade de pensar e escolher, excluindo toda participação das emoções, os trabalhos recentes em neurologia apontam que as emoções estão na base de todo mecanismo de decisão das ações humanas, reatando assim aquilo que Descartes havia separado (Dalglish, 2004; Greene *et al.* 2001).

Nesta nova visão neurológica, a glândula pineal, outrora morada da alma e de suas paixões no corpo cartesiano, passa a dar lugar à amígdala, estrutura cerebral do lobo temporal do cérebro humano, responsável pela

atribuição emocional aos estímulos sensoriais provenientes do mundo exterior e pela integração de diferentes estruturas cerebrais face a um estímulo externo.

Os trabalhos realizados atualmente mostram que a rede neuronal que compõe a amígdala permite acionar estruturas cerebrais implicadas em uma resposta comportamental (como ficar ou fugir diante de um acontecimento), estabelece conexões com estruturas relacionadas à resposta neurovegetativa (como a modificação da resposta cardíaca) e ainda mantém conexões com estruturas responsáveis pelas respostas endócrinas, como a secreção de adrenalina e testosterona. Tais modificações corporais estariam diretamente relacionadas aos estados de euforia e tristeza que parecem ser controlados pela amígdala.

O recente trabalho de António R. Damasio (1996) sobre a relação entre emoção e decisão foi decisivo para a reabilitação do estudo das emoções pela ciência ocidental atual. Em 1995, Damasio e Paul Eslinger descrevem o caso de um paciente, identificado como Elliot, o qual, em função de um tumor cerebral, foi operado com retirada de um porção do lobo pré-frontal. Após a operação o paciente manteve todas as suas capacidades perceptivas, aprendizagem, lingüística, matemática e de memória, mas apresentava um déficit importante na realização de tarefas simples do dia-a-dia que exigiam uma escolha. A partir deste quadro clínico, Damasio formula uma teoria na qual o córtex pré-frontal seria responsável pela elaboração de representações muito breves de diferentes possibilidades de ação. Tais representações seriam enviadas rapidamente à amígdala suscitando uma resposta emocional adaptada ao conteúdo desta representação, que por sua vez suscitaria as transformações físicas descritas há pouco. Damasio chama essas reações físicas de marcadores somáticos que seriam responsáveis pela rapidez da associação entre uma determinada imagem e uma determinada ação permitindo uma decisão rápida do cérebro no processo de escolha e decisão.

O caso de Elliot, descrito por Damasio é apresentado como um exemplo da relação estreita entre as emoções e os processos racionais de decisão da vida quotidiana. Mas será que poderíamos afirmar que o caso Elliot, descrito por Damasio, se apresenta como uma prova suficiente capaz de fundamentar uma teoria sobre a naturalização das emoções e das diferentes decisões tomadas pelo ser humano?

4 LIMITES E OPOSIÇÕES DE UM REDUCIONISMO DAS EMOÇÕES

Todas essas pesquisas e dados empíricos relatados aqui tendem a reforçar a idéia de que o projeto de naturalizar as emoções seria apenas uma questão de tempo e que o desenvolvimento tecnológico e metodológico ainda vira a confirmar a redução das emoções ao corpo físico. Mas um tal projeto não é isento de críticas.

O paradigma científico dominante no estudo das emoções assume que as emoções são entidades que existem de modo real e que estas residem no cérebro e que quando uma certa emoção é processada ocorreria uma série de alterações em um sistema de resposta como alterações físicas, moleculares, elétricas, que seriam a assinatura da resposta emocional.

Se uma grande parte dos pesquisadores atuais como Damasio e Paul Ekman afirmam que as diferentes emoções possuem um substrato neuronal específico, por outro lado outros pesquisadores como Lisa Feldman Barrett (2006), afirmam que um tal correlato neuronal das emoções não pode ser comprovado empiricamente. Segundo Barrett as meta análises realizadas com os dados das imagens cerebrais mostram que não existe uma assinatura neural para as diferentes emoções e que elas tampouco mantêm relações estáveis com a manifestação comportamental. Barrett afirma que as emoções não podem ser naturalizadas simplesmente porque elas não são entidades físicas, mas, sim, estados conceituais, posição que reabilita de certa forma o dualismo no interior da discussão sobre as emoções.

Alguns autores mostram que a correlação comportamental, fisiológica e a experiência emocional atribuída a cada tipo de emoção são fracamente relacionadas entre si, não permitindo estabelecer uma relação de causalidade consistente entre emoção, comportamento e outras alterações fisiológicas. Os autores que se opõem a uma naturalização das emoções alegam que existe uma dificuldade em medir as sensações. Segundo esses autores, os parâmetros comportamentais utilizados para assinalar cada uma das diferentes emoções podem variar segundo as diferentes situações.

Max R. Bennett e Peter Michael Stephan Hacker (2003) fazem uma crítica ainda mais radical à tentativa reducionista dos estudos em neurociência cognitiva de modo geral. Segundo eles, a forma atual de explicação da ciência cognitiva consiste em designar um atributo psicológico ao cérebro e às suas partes quando, na verdade, ela deveria preocupar-se em explicar

como se possui este atributo psicológico e como se exerce o poder cognitivo nos seres humanos.

No atual panorama das discussões, fica claro que as emoções não podem ser estudadas ou debatidas unicamente no campo da neurociência. Os trabalhos em neurociência permitem uma abordagem cada vez mais científica das emoções, no entanto, essas pesquisas são ainda insuficientes para reduzir as emoções a simples substratos orgânicos.

Por outro lado, aqueles que se opõem ao reducionismo das emoções também não conseguiram propor um conjunto de conceitos capaz de sustentar a autonomia das emoções e das ações que dela decorrem independentemente dos substratos neuronais. A dificuldade de propor uma resposta a este impasse é sobretudo pelo fato de que estamos discutindo um tema em pleno desenvolvimento. Não é o tema em si que é novo, pois como vimos o tema das emoções atravessa séculos. O que é novo é o debate de um mesmo tema por diferentes disciplinas que vêm surgindo, se reestruturando, se aproximando ou se transformando tal como a neurociência, a psicologia, a filosofia e a ciência social.

As discussões atuais sobre o tema deixam claro que existe a necessidade de se elaborar uma concepção para as faculdades mentais e as emoções que sejam compatíveis com o estudo fisiológico sem que isso leve a um reducionismo radical destes processos, pelo menos não enquanto a ciência ainda não provar completamente que é capaz de fazê-lo. Se o debate sobre a redução das emoções ainda existe é porque ambos os campos, reducionista e não reducionista, apresentam dificuldades em apresentar propostas que sejam decisivas para a sustentação destas posições.

Se por um lado, a utilização das novas tecnologias e conceitos aplicadas ao estudo das funções mentais e particularmente das emoções fornece um instrumental comum para todos aqueles interessados no estudo das funções cerebrais, por outro lado ainda estamos longe de atingir um consenso no que diz respeito às conclusões destes estudos emitidas por neurofisiologistas, filósofos, psicólogos e antropólogos no que diz respeito ao estudo das funções mentais, comportamento e emoções. Ao longo da história, a polêmica entre dualistas e reducionistas acerca das funções mentais sempre pareceu estabelecer-se como um diálogo de surdos, onde cada campo constitui seus paramentos, métodos e conceitos para fundamentar e defender suas respectivas posições. Hoje, apesar dos avanços técnicos, a situação não se mostra muito diferente.

Disputado por neurofisiologistas, psicólogos e filósofos, o estudo atual das emoções parece carecer não apenas de um vocabulário comum que

permita articular estas discussões mas também de critérios experimentais reguladores e estáveis que permitam a comparação das diferentes técnicas e resultados obtidos por estas várias disciplinas.

Fundamentando-se nos resultados experimentais obtidos a partir dos novos estudos em neurociência, Jean Pierre Changeux, vem por fim sinalizar a necessidade de rever a noção materialista que norteia a discussão sobre os fenômenos mentais, mostrando que estes são subordinados ao substrato biológico e à arquitetura cerebral. Segundo Changeux trata-se de tomar “distância em relação ao ‘materialismo ingênuo’ de outrora que foi um alvo fácil demais dos filósofos idealistas. Nós entramos na era do ‘materialismo instruído’ e é a partir dele que devemos agora debater” (Changeux, 2002, p. 16). Em seu trabalho, Changeux mostra que as noções de emergência, plasticidade e epigênese abrem um novo caminho para a concepção de modelos e teorias aplicados ao estudo das funções mentais, apontando para a necessidade de compor um modelo teórico capaz de integrar os dados moleculares, genéticos, comportamentais e subjetivos associados a estes estudos (Changeux, 1985).

Mas será que a concepção de modelos e teorias mais abrangentes para a explicação das funções cerebrais poderá acabar com o grande debate sobre o reducionismo das funções mentais e das emoções ao substrato neuronal?

Cientes de que esta análise envolve disciplinas e técnicas em plena expansão e desenvolvimento, sabemos dos limites e restrições que acompanham esta nossa exposição sobre o estudo científico das emoções. No entanto, nosso objetivo não foi o de fazer uma análise exaustiva das correntes que discutem o problema das emoções, mas apontar alguns dos atuais rumos desta discussão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARON-COHEN, Simon; RING, Howard A.; WHEELWRIGHT, Sally; BULLMORE, Edward T.; BRAMMER, Mick J.; SIMMONS, Andrew; WILLIAMS, Steve C. R. Social intelligence in the normal and autistic brain: an fMRI study. *European Journal of Neurosciences* **11**: 1891-1898, 1999.
- BARRETT, Lisa Feldman. Solving the emotion paradox: categorization and the experience of emotion. *Personality and Social Psychology Review* **10** (1): 20-46, 2006.
- BELL, Charles. *Idea of a new anatomy of the brain; submitted for the observations of his friends*. London: Strahan and Preston, 1811.

- BENNETT, Max R.; HACKER, Peter Michael Stephan. *Philosophical foundations of neuroscience*. Malden, MA: Blackwell Publishing, 2003.
- BLAIR, R. J.; MORRIS, J. S.; FRITH, C. D.; PERRET, D. I.; DOLAN, R. J. Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. *Brain* **122** (5): 883-893, 1999.
- BREITER, H. C.; ETCOFF, N. L.; WHALEN, P. J.; KENNEDY, W. A.; RAUCH, S. L.; BUCKNER, R. L., *et al.* Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron* **17** (5): 875-887, 1996.
- CABANIS, Pierre Jean Georges. *Rapports du physique et du moral de l'homme*. Paris: Chez Crapart, Caille et Ravier, an X [1802].
- CHANGEUX, Pierre. *L'homme de vérité*. Paris: Odile Jacob, 2002.
- . *Neuronal man: the biology of mind*. Trad. L. Garey. New York: Pantheon, 1985.
- DALGLEISH, Tim. The emotional brain. *Nature Reviews Neuroscience* **5**: 583-589, 2004.
- DAMASIO, Antonio R. *L'erreur de Descartes: la raison des émotions*. Paris: Odile Jacob, 1995.
- . The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B. Biological Sciences* **35** (1346): 1413-1420, 1996.
- DESCARTES, René. *Les passions de l'ame*. Paris: Chez Henry LeGras, 1649.
- DOLAN, R. J.; FLETCHER, P.; MORRIS, J.; KAPUR, N.; DEAKIN, J. F.; FRITH, C. D. Neural activation during covert processing of positive emotional facial expressions. *NeuroImage* **4** (3 Pt. 1): 194-200, 1996.
- GALL, Franz Josef; SPURZHEIM, Johann Gaspar. *Anatomie et physiologie du système nerveux en général, et du cerveau en particulier, avec des observations sur la possibilité de reconnoître plusieurs dispositions intellectuelles et morales de l'homme et des animaux, par la configuration de leurs têtes*. Paris: F. Schoell, 1810-1819.
- GREENE, Joshua D.; SOMMERVILLE, Brian R.; NYSTROM, Leigh E. DARLEY, John M.; COHEN, Jonathan D. An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science* **293**: 2105-2108, 2001.
- HALLER, Albert . Dissertation on the sensible and irritable parts of animals. *Bulletin of the History of Medicine* **4**: 651-99, 1936.
- HARIRI, A. R.; MATTAY, V.S.; TESSITORE, A.; FERA, F.; WEINBERG, D. R. Neocortical modulation of the amygdala response to fearful stimuli. *Biology. Psychiatry* **53** (6): 494-501, 2003.

- LA METRIE, Julien Offray de. *Machine man and other writings*. [1747] Ed. por A. Thomson. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- . *Man a machine*. Trad. Marquiss D'Argens. London: W. Owen, 1749.
- MALEBRANCHE, Nicolas. *De la recherche de la vérité, ou on traite de la nature de l'esprit de l'homme, & de l'usage qu'il en doit faire pour éviter l'erreur dans les sciences*. Paris: Chez André Pralard, 1674-1675. 2 vols.
- MORRIS, J. S.; FRITH, C. D.; PERRET, D. I.; ROWLAND, D.; YOUNG, A. W.; CALDER, A. J. A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature* **383** (6603): 812-815, 1996.
- PHILLIPS, M. L.; YOUNG, A. W.; SENIOR, C.; BRAMMER, M.; ANDREW, C.; CALDER, A. J., *et al.* A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature* **389** (6650): 495-498, 1997..
- SPINOZA, Benedictus. *Opera posthuma, quorum series post praefationem exhibetur*. Amstelodami: J. Rieuwertsz, 1677.
- WHALEN, P. J.; SHIN, L. M.; McINERNEY, S. C.; FISCHER, H.; WRIGHT, C. I.; RAUCH, S. L. A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger. *Emotion* **1** (1): 70-83, 2001.

Darwin e o fim da adaptação perfeita dos seres vivos: a superação da visão teológica de Paley e o princípio da divergência

Nelio Bizzo*

1 INTRODUÇÃO

É comum a referência aos mais de vinte anos entre o fim da viagem do Beagle (1836) e a publicação do *Origem das espécies* (1859), como sendo um lapso de tempo muito longo, só explicável por algum tipo de perturbação pessoal de Charles Darwin (1809-1882) ante uma previsível reação negativa que adviria com a exposição de teses polêmicas sobre a evolução dos seres vivos. No entanto, pouca atenção tem sido despendida ao considerar a mudança dos interesses de pesquisa de Darwin no período e sua relação com a mecânica do processo evolutivo que era elaborado.

Inicialmente, tomando os seres vivos como estando perfeitamente adaptados a seu meio, visão que derivava diretamente da Teologia Natural de William Paley (1743-1805)¹, a seleção natural poderia agir de maneira a eliminar os não-adaptados. A mudança evolutiva dependeria de grandes

* Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Av. da Universidade 308, São Paulo, SP, CEP 05508-040. E-mail: bizzo@usp.br

¹ William Paley formou-se no *Christ's College* (o mesmo em que Darwin estudou) em 1763, e escreveu livros sobre teologia que se tornaram leitura obrigatória até o século XX, como *A view of the evidence of christianity* (1794) e *Natural theology: or, evidences of the existence and attributes of the Deity, collected from the appearances of nature* (1802). É neste último que ele apresenta uma metáfora emblemática: ao estudar um relógio, estudamos a mente do relojoeiro. Cada peça do relógio tem um propósito e foi projetada especificamente para atuar com uma finalidade. O conjunto é harmônico e serve a um objetivo maior. É impossível olhar um relógio sem perceber uma mente brilhante no relojoeiro. O relógio era apenas uma construção rude, perto dos animais e das plantas. Estudar os organismos da natureza permitia entender a mente de seu Criador, que projetara toda a perfeição do mundo.

mudanças geológicas, que ocorreriam em longos períodos de tempo. Não por acaso, os interesses de Darwin ficaram voltados para a Geologia por muitos anos.

No entanto, em algum momento ao redor de 1856, Darwin começou a elaborar uma explicação que possibilitava conceber a mudança evolutiva em espaços de tempo menores e sem mudanças dramáticas no ambiente. Darwin tomou o pressuposto de que os seres vivos não estão perfeitamente adaptados ao meio, mas apenas mais bem adaptados do que seus ancestrais. Isso implicava modificar a perspectiva de atuação da seleção natural, que passaria a atuar de forma constante. Os mais bem adaptados precisariam de relativamente pouco tempo para ocupar o lugar daqueles de alguma forma menos adaptados, mesmo em grau ínfimo, diante do escrutínio implacável da seleção natural, constantemente desbastando as populações na corrida pelo sucesso adaptativo.

Assim, a importância das grandes mudanças geológicas perdia importância diante do estudo de mecanismos capazes de explicar mudanças evolutivas rápidas, como a herança das características adquiridas, tema que tem sido tradicionalmente colocado em segundo plano ao se apresentar as idéias de herança originais de Darwin.

2 A PERFEIÇÃO DO MUNDO

No dia 17 de dezembro de 1832, enquanto Darwin se preparava para realizar seu primeiro contato com os habitantes da Terra do Fogo, pouco ao sul do Cabo San Sebastián, seu professor de Geologia, Adam Sedgwick (1785-1873), proferia, na Capela do *Trinity College*, em Cambridge, o discurso de celebração do feriado natalino na forma de um sermão, assistido por dirigentes, professores e alunos daquela faculdade. Publicado diversas vezes, inclusive em tempo recente (Sedgwick, 1969), ele é uma fonte inestimável para compreender a maneira como a natureza era vista no ambiente universitário em que Charles Darwin acabara de completar seus estudos.

Mais do que isso, a palestra proferida por Sedgwick, mostra as idéias de um dos professores de Darwin, que pouco mais de um ano antes tinha tido proximidade muito grande com ele. De fato, eles tinham realizado juntos uma excursão ao País de Gales, hospedando-se a meio caminho na própria casa paterna de Darwin, *The Mount*, em Shrewsbury. A viagem era resultado de um período de estudos geológicos, recomendados pelo antigo professor de botânica de Darwin, John Henslow (1796–1861). Era justamente dele a carta que acabara de chegar a Shrewsbury, contando a possibilidade de uma

viagem em volta ao mundo, no dia em que terminava a excursão com Sedgwick.

O contato entre Darwin e Sedgwick foi constante durante a viagem do Beagle, e coleções geológicas foram remetidas para a Inglaterra e estudadas pelo mestre, que reconheceu nelas grande valia. Além disso, foi Sedgwick que leu o primeiro trabalho geológico de Darwin na Sociedade Geológica

As idéias de adaptação dos seres vivos de Sedgwick estiveram, por assim dizer, à bordo do Beagle e certamente influíram no ajustes das lentes dos óculos intelectuais que permitiam a Darwin compreender o estranho mundo que via no Hemisfério Sul.

O longo discurso aborda a teoria da evolução, referida como a “teoria da transmutação das espécies”, inclusive com o comentário que se tratava de uma teoria que mais se parecia a um “sonho maluco”². O discurso enfatiza a gênese de uma nova ciência, a Geologia, e demonstra a ortodoxia anglicana da época. Os trechos têm início com citações das Escrituras, sendo utilizados os Salmos com freqüência. Ao lado das transcrições bíblicas, convivem afirmações que podem ser consideradas muito modernas para a época, como a admissão do tempo geológico em senso amplo. Ele afirma:

Pela descoberta de uma nova ciência (cujo próprio nome foi introduzido apenas alguns anos atrás na nossa língua) aprendemos que as manifestações do poder de Deus sobre a terra não se limitaram aos poucos milhares de anos da existência do homem. O Geólogo nos diz, pela interpretação mais clara dos fenômenos que seus esforços trouxeram à luz do dia, que o nosso planeta tem estado submetido a grandes revoluções físicas. Ele não contabiliza o seu tempo, por ciclos celestes, mas por um índice que encontrou na estrutura sólida do próprio globo. Ele vê uma longa **sucessão de monumentos, cada um dos quais pode ter exigido um milhar de eras** para a sua elaboração. Ele os arranja em uma ordem cronológica; observa sobre eles as **marcas de habilidade e sabedoria**, e no seu interior encontra as tumbas dos antigos habitantes da terra. [...] Ele percorre essas mudanças do fim para o início [...] (até que nenhum) tipo de vida orgânica é mais visto. [...] Este relato tem tanto daquilo que é exatamente verdade, que ele quase não merece o nome de descrição figurativa. (Sedgwick, 1969, p. 22; sem ênfase no original)

² No original: “[...] transmutation of species, (a theory no better than a phrensied dream)” (Sedgwick, 1969, p. 23).

Os dois trechos destacados mostram, de início, a admissão de uma longa sucessão de “monumentos geológicos”, cada um dos quais poderia ter sido formado ao longo de muito tempo (“a thousand ages”). De fato, Sedgwick trabalhava com estratigrafia e geocronologia, tendo descrito em detalhes, em 1835, um estrato muito antigo que batizou de “Cambriano” (derivado do termo em latim que designa o País de Gales: “Cambria”). Mais tarde, trabalhou no chamado sistema Devoniano, sempre junto de Roderick Impey Murchison (Rudwick, 1985).

Não é possível perceber aquilo que denominamos hoje “fundamentalismo criacionista”³ em seu discurso, mesmo se há referências abundantes que buscam ajustar o relato bíblico à leitura geológica que realiza. A admissão de um vasto período de tempo não se conforma com as interpretações literais do Gênesis, de criação em sete dias de 24 horas etc. De fato, ele era considerado muito avançado, realizando palestras que se tornaram imensamente populares, atraindo desde jovens recém formados, como Charles Darwin, até mulheres – o que era, para a época, sinal de grande modernidade.

De certa forma, nesse ambiente conviviam a tradição e a novidade. Inicialmente convencido das idéias de William Buckland (1784-1856) sobre a concordância dos restos fósseis do Pleistoceno com a descrição bíblica do dilúvio, Sedgwick acabou por rejeitá-las, adotando posições que hoje são consideradas mais próximas da ciência atual, em uma época que é conhecida como “Geologia Heróica”. A construção da base da geologia atual deve-se em muito ao trabalho de pioneiros como ele, que edificavam uma nova ciência em meio a dificuldades imensas. Essa construção não seria amparada por instituições religiosas se seu resultado afrontasse a base doutrinária que as mantinha. A Teologia Natural de Paley, era a base de uma “religião da natureza” que buscava estudar o mundo como forma de se aproximar do Criador, conhecendo sua obra. Os exemplos de perfeição, que podia ser vista desde a estrutura das flores até a arquitetura de esqueletos, documentavam as altas habilidades intelectuais do responsável pela criação do mundo.

Esse ambiente anglicano ortodoxo, contudo, recebia os influxos de uma ciência nascente. Sedgwick admitia publicamente, em suas palestras, a

³ Deve-se destacar, contudo, que há muito do que se tem chamado hoje em dia “Intelligent Design” (ID), que pode ser encontrado na obra original de William Paley e seu famoso adágio: “se há projeto, há projetista”.

modificação das formas orgânicas ao longo do tempo, acompanhando as grandes mudanças geológicas que ele não só descrevia, mas inclusive ajudava a reconhecer, induzindo a idéia moderna de evolução orgânica. No entanto, de maneira alguma ele admitia conscientemente aquilo que chamamos hoje de evolução biológica. Além da bem conhecida aversão pelas idéias de “transmutação das espécies”, a publicação de *Origem das espécies* foi motivo de profundo estremecimento entre ele e Darwin. As idéias de Sedgwick demandavam intervenção divina contínua, ajustando os elementos da criação à dinâmica do mundo. O trecho destacado mostra como ele via no registro geológico marcas de habilidade e demonstração de vontade de um ser superior, como a ajustar continuamente sua obra.

A adaptação biológica “embarcada” no Beagle era perfeitamente ajustada às necessidades dos seres vivos e às circunstâncias externas, mesmo admitindo-se um mundo dinâmico. Ela pode ser intuída a partir de outro trecho de seu famoso sermão de 1832:

Deus não criou o mundo e o largou a si mesmo, mantendo-se sempre depois um espectador inerte de seu próprio trabalho: pois ele coloca diante dos nossos olhos as provas seguras de que durante períodos sucessivos têm havido não só grandes mudanças na vida orgânica; mas que, em cada caso de tal mudança, os novos órgãos, na medida em que podemos compreender a sua utilização, **foram adequados exatamente para as funções dos seres aos quais foram dados.** Isso mostra um poder inteligente não só desenvolvendo meios adaptados para um fim: mas em muitos tempos sucessivos desenvolvendo uma mudança de mecanismo adaptada a uma mudança de condições externas; e, assim, proporciona uma prova peculiar de que a grande causa primeira permanece como uma inteligência ativa e providente. (Sedgwick, 1969, p. 23; sem ênfase no original)

Essa perfeição dos novos órgãos aos seres vivos que os inauguravam seria, como se vê, uma prova indiscutível de que uma grande inteligência realizava constantes ajustes em sua obra. Às modificações do ambiente correspondiam modificações nos seres vivos, que ganhavam órgãos novos exatamente ajustados às necessidades de seus portadores, no novo ambiente. Sedgwick não podia reconhecer um único mecanismo em operação, mas diversos meios sob uma mesma inspiração suprema, fruto de inteligência que pode prover tudo de forma ativa. Ele dizia que a Geologia ajudava a entender a “religião natural”, o “Grande Livro da Criação” de Paley.

O programa adaptacionista de Sedgwick, portanto, partia do princípio de um ajuste perfeito entre os seres vivos e o meio, que lhes permitia utilizar seus recursos de forma ótima. As mudanças no ambiente modificavam

as condições externas e isso exigia mudanças nos organismos, caso contrário eles estariam sem condições de utilizar os recursos disponíveis na nova situação. Essa dinâmica geológica podia explicar extinções, mas exigia a ação pronta de uma inteligência suprema e providente, que tivesse conhecimento absoluto das novas condições do ambiente e das formas pelas quais elas poderiam ser exploradas por novos órgãos, projetados com essa finalidade precisa. A ausência de gradação do registro fóssil seria uma evidência em favor da pronta ação do Criador a cada mudança mais profunda das condições ambientais.

3 O FIM DA PERFEIÇÃO DOS SERES VIVOS

O trabalho de Charles Darwin a bordo do *Beagle* foi, de certa forma, primariamente geológico. De fato, em novembro de 1835 Sedgwick já introduzira Darwin e seu primeiro trabalho geológico naquela que era a entidade científica emergente da época. As jazidas de carvão explicavam a importância do trabalho dos geólogos na Inglaterra.

Em data incerta, mas certamente na segunda metade da viagem do *Beagle* e possivelmente no início de 1834, Darwin escreveu um esboço chamado “*Reflexions on reading my geological notes*” no qual ele incluía estimativas de antigüidade dos terrenos andinos, falava das elevações dos pampas e conseqüências para a distribuição dos seres vivos. Embora não se possa dizer que se trate de uma teorização transmutacionista, ela traz alguns elementos daquilo que viria mais tarde a ser desenvolvido como tal (Herbet, 1995).

Na América do Sul, precisamente em Março-Abril de 1835, Darwin encontrou as provas que precisava para estimar o tempo geológico. Logo que chegou à Inglaterra, buscou em Charles Lyell (1797-1875)⁴ um apoio para entrar nos meandros da política científica. Usando um antigo conhecimento pessoal com o sogro do famoso geólogo escocês, ainda dos tempos em que estudara medicina em Edimburgo, Darwin foi ter diretamente ao presidente da Sociedade Geológica de Londres, solicitando-lhe que lesse em

⁴ Lyell foi presidente da Sociedade Geológica de Londres em duas ocasiões, ao longo de 1835 até início de 1836 e entre 1849 e 1850. Em 1831 tinha se tornado professor de geologia no King's College de Londres, e foi presidente da Associação Britânica para o Avanço da Ciência em 1864.

primeira mão o trabalho que viria a ser apresentado naquela sociedade poucos dias depois⁵.

Ele trazia estimativas matemáticas do tempo geológico, buscando a datação absoluta dos estratos geológicos a partir das evidências coletadas na América do Sul, e que excediam em larga medida o que era admitido, mesmo por seu novo mentor escocês. De fato, desde abril de 1835, quando se deparou com a floresta petrificada de Villavencenzo, Darwin especula abertamente sobre a datação absoluta de estratos geológicos em diversas cartas (Bizzo & Bizzo, 2006) e fala inclusive das conseqüências de suas idéias para a reformulação da “história do planeta”.

As estimativas da Idade da Terra foram durante muito tempo objeto de controvérsias, sobretudo sobre os métodos a serem utilizados. Darwin apresentava em seu trabalho, que ganhara as mãos de Lyell no final de 1836, uma estimativa de soerguimento dos pampas na ordem de uma polegada por século e as partes altas dos Andes na razão de alguns pés por século, porém em ritmo irregular. Isso permitia estimar a idade dos estratos andinos em centenas de milhões de anos, mesmo reconhecendo que eles eram muito recentes, se comparados aos estratos europeus.

As publicações de Darwin ao longo da década de 1840 deixam claro seu pendor para a Geologia (Darwin, 1842; *idem*, 1844; *idem*, 1846) e seus métodos de aproximação do problema da cronologia absoluta dos estratos geológicos o levavam a superestimar os intervalos de tempo. Por exemplo, ao estimar a idade de sedimentos cretáceos na costa inglesa, Darwin utilizou taxas de erosão aceitas à época e atribuiu uma idade de pouco mais de 300 milhões de anos. Esse seria o tempo necessário para expor rochas daquele estrato. Isso o levava a atribuir à Terra uma idade da ordem de bilhões de anos⁶.

Longos períodos de tempo seriam necessários para explicar grandes modificações de cenários ambientais. Os registros glaciais e os fósseis de seres muito diferentes eram já de amplo conhecimento à época. No entanto, isso trazia a necessidade de conceber a modificação dos organismos

⁵ Seu trabalho tinha o título: “Observations of proof of recent elevation on the coast of Chile, made during the survey from His Majesty’s Ship Beagle, commanded by Capt. Fitzroy RN”, mas ao ser apresentado teve suprimidas as cifras numéricas referidas por Lyell. Ao que parece, ele aconselhou Darwin a não tratar o assunto em termos matemáticos.

⁶ Não deixa de ser interessante que, a partir de um erro relativamente grande (hoje aquelas rochas foram datadas em 85 milhões de anos), Darwin tenha realizado uma extrapolação próxima do que se aceita hoje (ver Teixeira *et al.*, 2003, p. 307).

como sendo gradual (*Naturae non facit saltum* era um dos adágios preferidos de Darwin), o que expunha um problema crucial.

As intervenções divinas, ajustando os seres vivos ao meio ambiente, dispensavam qualquer linha de continuidade entre os seres vivos. O criador poderia simplesmente inovar em dado momento, assim como um cozinheiro pode mudar o tipo de refeição que prepara todos os dias. Seria impensável pretender traçar uma linha evolutiva entre os cardápios de uma semana, como se um macarronada de um dia pudesse ser preparada a partir da feijoada do dia anterior. Como vimos, essa forma de ver a sucessão das formas na natureza poderia explicar facilmente as extinções e não pressupunha um registro fóssil com documentação de tipos intermediários.

Mas o cardápio evolutivo de Darwin permitia realizar previsões. À almôndega de hoje, corresponderia a carne moída de ontem e o bife de anteontem. Em outras palavras, o registro das formas intermediárias era um dos problemas a enfrentar e de fato ele está presente desde o rascunho de 1842 até a publicação de *Origem das espécies*, em 1859⁷. Nesta última publicação a falta de formas intermediárias no registro fóssil mereceu atenção muito mais detida do que em seu manuscrito inicial. Da mesma forma, as extinções mereceram longa explicação, sendo que a diminuição gradual do número de indivíduos era uma das aproximações teóricas que Darwin tinha divisado.

Ao apresentar um resumo de suas teorias, pouco antes da publicação do *Origem das espécies*, naquele bem conhecido evento provocado pelo recebimento de um ensaio escrito por Alfred Russel Wallace (1823-1913), Darwin selecionou uma carta escrita a um botânico norte-americano, Asa Gray (1810-1888), com quem trocava correspondência de forma freqüente, datada 5 de setembro de 1857. Esta carta, tida pelo próprio autor como representativa de suas idéias à época, trazia os argumentos principais que poderiam explicar a teoria da descendência com modificação.

A exposição de suas idéias ocorreria em circunstâncias muito especiais, pois haveria leitura conjunta de sua carta e do ensaio remetido por Wallace, que se chamava “On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type”, no qual ele iniciava uma seção com a frase: “The life of wild animals is a struggle for existence”. Embora a expressão “seleção natural” não estivesse presente, ela estava claramente descrita no argumen-

⁷ O texto integral do rascunho de 1842, bem como do ensaio de 1844 podem ser encontrados em <<http://darwin-online.org.uk>>.

to, em termos que o próprio Darwin acreditava serem quase idênticos aos seus próprios.

A carta de Darwin tinha uma notável diferença em relação ao ensaio de Wallace, em sua parte final, onde se lia:

VI. Um outro princípio, que pode ser chamado de **princípio da divergência, desempenha, acredito, uma parte importante na origem das espécies**. O mesmo local suportará mais vida se for ocupado por muitas formas diversas. Vemos isso nas muitas formas genéricas de um quadrado de grama no quintal, e nas plantas ou insetos em qualquer pequena ilha uniforme, pertencentes quase invariavelmente a um número tão grande de gêneros e famílias como de espécies. Podemos compreender o significado deste fato entre os animais superiores, cujos hábitos nós compreendemos. Sabemos que foi mostrado experimentalmente que um pedaço de terra proporciona uma maior produção em peso se for semeado com vários gêneros e espécies de gramíneas, do que se for semeado com apenas duas ou três espécies. Agora, pode-se dizer que cada ser orgânico, propagando-se tão rapidamente, esforça-se ao máximo para aumentar em número. Assim também ocorrerá com a descendência de qualquer espécie, depois que ela se diversifica em variedades, ou subespécies ou espécies verdadeiras. E segue-se dos fatos anteriores, em minha opinião, que a descendência variável de cada espécie vai tentar (embora apenas poucos tenham sucesso) **apossar-se de tantos e tão diferentes lugares na economia da natureza quanto possível**. Cada nova variedade ou espécie, quando formada, geralmente irá tomar o lugar, e assim exterminará, seu progenitor que não está tão bem adaptado. Penso que esta seja a origem da classificação e das afinidades dos seres orgânicos em todos os tempos; pois os seres orgânicos sempre parecem se dividir e subdividir como os galhos de uma árvore a partir de um tronco comum, com os ramos florescentes e divergentes destruindo os menos vigorosos, sendo os gêneros e as famílias extintos representados pelos ramos mortos e perdidos. (Darwin, 1858; sem ênfase no original)

Neste trecho Darwin apresenta uma idéia absolutamente original, em comparação com a teorização de Wallace, que se refere ao princípio da divergência. Ele não está presente em seus escritos anteriores, como o rascunho de 1842, nem no ensaio de 1844. Nessas sínteses, os seres vivos estão perfeitamente ajustados a seu meio ambiente e a seleção natural atua desbastando as imperfeições da espécie. As mudanças profundas do ambiente explicariam a mudança dos seres vivos e o surgimento de novas variedades e espécies.

Mas o princípio da divergência tinha uma parte importante na origem das espécies, pois as novas variedades que apareciam na descendência, em vez de destruídas imediatamente, buscavam lugares diversos, aproveitando de alguma forma os recursos disponíveis. Isso explicaria a tendência de ramificação da “árvore da vida”. Em outras palavras, Darwin tinha uma nova visão da economia da natureza, com seres vivos explorando, de forma algo precária, os recursos naturais. Isso implicava deixar para traz a idéia de uma natureza perfeita, com seres vivos em absoluta harmonia com as possibilidades do ambiente. Essa mudança significou uma alteração dramática na forma pela qual a seleção natural atuaria nos seres vivos. Ela trazia uma importante repercussão para as extinções e, o que era ainda mais importante, para a ausência de formas intermediárias.

Em suas teorizações anteriores a 1857, Darwin só poderia conceber modificações nos seres vivos se as condições externas se alterassem de forma profunda. Caso houvesse estabilidade de condições ambientais não haveria como explicar mudança biológica significativa. Os seres vivos permaneceriam perfeitamente adaptados a seu meio. Isso explicava a necessidade de um longo tempo geológico e de mudanças dramáticas no ambiente, além de isolamento geográfico prolongado para a ocorrência de algo como a especiação.

Mas em algum momento no início de 1857, quando Darwin escrevia seu “Big Species Book”⁸, ele começou a conjecturar partindo de premissas diferentes. Se os seres vivos não estivessem perfeitamente adaptados ao meio, haveria uma contínua busca por ajustes, no sentido de conseguir o máximo possível de eficiência no uso de recursos do ambiente. Isso permitiria a especiação sem isolamento geográfico obrigatório. Isso trazia implicações importantes também no que diz respeito às extinções e à ausência das formas intermediárias no registro fóssil. As primeiras talvez fossem inevitáveis e as formas intermediárias talvez tivessem tido existência muito efêmera para deixar registro fóssil.

De certa forma, o princípio da divergência era a grande novidade que Darwin criara em seu escritório de Down House (Ospovat, 1995). Um novo cenário evolutivo se abriu em suas elaborações intelectuais, entre novembro de 1854 e março de 1857. Isso era

⁸ O livro não foi concluído, sendo que partes dele se tornariam o *Origem das espécies* de 1859. Ele foi publicado em 1975 por Robert Stauffer, como “Charles Darwin’s Natural Selection”.

[...] o resultado da mudança da visão de Darwin sobre diversas questões, como as causas da variação, quanta variação há na natureza, se há variações em órgãos importantes, como novas “ocupações” são criadas na economia da natureza, e se o isolamento geográfico é de fato necessário para a multiplicação das espécies. Em todas essas questões, Darwin permaneceu por alguns anos alterando suas respostas em relação àquelas oferecidas em seu ensaio de 1844. Em todas elas seu trabalho sobre divergência o persuadiu, parte por motivos empíricos, parte por razões teóricas, que as novas respostas eram melhores do que as antigas, e sua bem sucedida integração do princípio da divergência na teoria da seleção natural ao redor de setembro de 1856 tornou possível, e até indispensável, a adoção dessas novas respostas. (Ospovat, 1995, pp. 192-193)

Ao escrever sobre divergência, Darwin achou um rico veio teórico, que o fez expandir de maneira imprevista o capítulo sobre seleção natural que estava em pleno desenvolvimento. Isso pode explicar inclusive a ausência da seção final planejada para aquele capítulo e que versaria especificamente sobre os efeitos da seleção natural nas raças humanas (Bizzo, 1992).

Assim, antes que *Origem das espécies* tomasse forma, um rompimento radical o separa dos escritos de 1842 e 1844. Os seres vivos deixavam de ser vistos da forma como a teologia natural de Paley queria. Eles não mais eram criaturas perfeitamente ajustadas a seu meio, mas apenas soluções precárias e provisórias em busca de novos nichos para garantir sua sobrevivência. A seleção natural ganhava importância.

4 A TEORIA GENÉTICA DE DARWIN⁹

Expulsos do paraíso, os seres vivos agora dependiam do suor de suas testas para saciar sua fome e a de seus filhotes. Cada nova especialização, que os ajudasse a ganhar a vida e obter mais alimento, a diminuir as chances de predação, a aumentar a eficiência reprodutiva, poderia ser crucial para a sobrevivência. Parecia inadmissível que as novas preciosidades desenvolvidas com muito esforço não fossem incorporadas ao patrimônio hereditário de seus portadores.

⁹ Nesta seção apresento traduções livres de trechos originais, para tornar a leitura mais fluente e por entender que os termos exatos não sejam necessários para a defesa do argumento. No entanto, na bibliografia apresento as indicações da origem dos textos e sítios da Internet onde o leitor poderá encontrar os trechos originais.

Isso, de certa forma, pode explicar as mudanças dos interesses de Darwin logo após a publicação do *Origem das espécies*. Ele passava a se basear em terceiros para o debate sobre a idade da Terra, por exemplo. Pode-se entender as razões de a Geologia ter perdido importância para ele, ao passo que questões fisiológicas, como os mecanismos de herança, passarem a fazer parte de um novo programa de pesquisas, que envolveria inclusive algo difícil de conceber: Darwin passaria uma temporada na fumarenta Londres realizando experimentos com seu primo, Francis Galton (1822-1911), em busca da comprovação de suas idéias sobre a transmissão das características vantajosas.

Aqui há que se lembrar sua “teoria da pangênese”. Embora Darwin tenha registrado que ela, antes de ser exposta em seu livro de 1868 *Variation of animals and plants under domestication*, tinha sido inicialmente concebida “trinta anos antes”, há considerável dúvida sobre isso. Jon Hodge (comunicação pessoal) acredita que a afirmação seja parte de uma força de expressão e que ela de fato foi desenvolvida possivelmente após a publicação do *Origem das espécies* e certamente após o ensaio de 1844.

As idéias de Darwin relativas à herança inspiraram toda uma escola de geneticistas ingleses. A “teoria da pangênese”, apresentada por Darwin em seu livro *Variation of animals and plants under domestication* de 1868, como “hipótese provisória” adquirira um valor crucial como mecanismo evolutivo. O fato de ela ser colocada no último capítulo do *Variation* não deve autorizar uma interpretação que a desvalorize no conjunto da obra.

Na verdade, há evidências que apontam exatamente ao contrário. Vale lembrar a reação de Wallace ao receber um exemplar da obra em primeira mão.

Li primeiro o capítulo sobre pangênese, porque não podia esperar. É muito difícil exprimir minha enorme admiração por ele. [...] Estou muito ansioso para ver como a pangênese será recebida. (Wallace, 1867)¹⁰

Darwin agradeceria por carta as observações. Com a caligrafia de Emma, o que indica um período de saúde abalada, Darwin responde em carta datada 27 de fevereiro de 1868, dizendo que ele não podia imaginar como tinha lhe trazido satisfação ao ver sua reação à pangênese. Na pronta resposta, Wallace, iria além, oferecendo-se para defender a nova teoria. “Se eu

¹⁰ Excerto de carta escrita por Wallace para Darwin, 13 Out 1867 (doc 96, Add 46434, *Manuscripts Room, British Library*, Londres).

tiver a oportunidade, eu poderia talvez escrever um artigo sobre o livro para algum periódico; e farei tudo o que puder para fazer a pangênese ser bem recebida” (Wallace, 1868)¹¹.

A influência sobre os geneticistas da época, tão grande, quanto efêmera, provavelmente não chegou a orientar novas linhas experimentais. Onde houve ensaios e experimentos redundaram em fracassos e, evidentemente, conduziram a polêmicas. É bem conhecida a experiência com coelhos, conduzida por Galton, realizando transfusões de sangue entre animais de pelagem de diferentes cores cujos resultados foram aguardados com grande ansiedade por Darwin. Textos didáticos atuais, em uma deformação injustificável, citam o experimento como sendo uma tentativa bem sucedida de questionar o lamarckismo, confirmando o darwinismo. Na verdade, o experimento especificava a finalidade de confirmar experimentalmente a teoria da pangênese e, como se sabe, produziu resultados contrários aos esperados.

É interessante atentar para o abalo que os resultados da experiência trouxe à família Darwin. O trecho de uma carta escrita por Emma, na qual ela pede à filha Henrietta para não aborrecer o pai com comentários sobre a experiência, pode dar uma boa idéia disso.

Os experimentos de F. Galton com coelhos (injetar sangue de coelhos pretos em coelhos cinza e vice-versa) estão fracassando, o que é um terrível desapontamento para eles dois. F. Galton disse que estava doente de ansiedade até que a gestação dos coelhos terminasse, e agora uma odiosa criatura comeu todos os seus filhotes e a outra teve uma ninhada perfeitamente normal. Ele deseja que seu experimento seja mantido em sigilo, porque pretende dar-lhe continuidade e teme que riam dele depois, portanto, não faça nenhuma alusão ao caso. (Darwin, 1870)¹²

Mesmo depois de Francis Galton apresentar os resultados em reunião da *Royal Society*, a 30 de Março de 1871, Darwin manteve-se firme na posição de defender sua “hipótese provisória” contra essa prova entendida, por muitos, como definitiva. Em artigo publicado na revista científica *Nature* procurou demonstrar que os resultados da experiência de Galton não abalavam o mecanismo por ele proposto.

¹¹ Excerto de carta escrita por Wallace para Darwin, 1 Mar 1868 (doc 96, Add 46434, *Manuscripts Room, British Library*, Londres).

¹² Excerto de carta de Emma Darwin para sua filha Henrietta Darwin (datada 19 Mar 1870) *apud* Darwin, H. (1904), vol. 2, p. 230.

Esses experimentos foram realizados para verificar se havia alguma verdade na minha hipótese provisória da Pangênese. [...] Mas no meu capítulo sobre Pangênese eu não disse uma palavra sequer sobre sangue, ou sobre outro fluido de qualquer sistema circulatório [...] Eu disse apenas que “as gêmulas de cada organismo devem difundir-se amplamente” [...] ao dizer isso, eu estava pensando na difusão das gêmulas pelos tecidos, ou célula-a-célula, independentemente da presença de vasos [...]. Quando, portanto, o Sr Galton conclui, a partir do fato de que coelhos de uma variedade com uma grande quantidade de sangue de outra variedade nas suas veias não têm descendência modificada, que a hipótese da Pangênese é falsa, me parece que sua conclusão seja um pouco precipitada. (Darwin, 1871)

Galtou reagiu à publicação de Darwin mandando uma carta ao editor, que foi publicada na edição seguinte da *Nature*. Nela, ele dizia que talvez tivesse entendido mal os escritos de Darwin e se estendia na forma de uma elaborada metáfora, terminando o artigo proclamando: “Vive la Pangene-sis!” (Galton, 1871).

O episódio da pangênese vem contradizer a tradicional imagem do cientista tolerante e de mente aberta, sempre disposto a reformular suas idéias, tradicionalmente atribuída à Darwin. Sua defesa na *Nature* se fazia contraditória. É verdade que Darwin havia escrito no *Variations of animals and plants under domestication*:

As gêmulas derivadas de cada parte do corpo devem se dispersar por todo o sistema. [...] Considerando o pequeno tamanho das gêmulas e a permeabilidade de todos os tecidos orgânicos, a ampla dispersão das gêmulas não é surpreendente. Elas poderiam ser transferidas sem o auxílio de veias, de uma parte à outra do corpo. (Darwin, 1868, p. 374)

No entanto, duas páginas adiante, ele escreveu:

Nós não sabemos se as gêmulas são simplesmente levadas em certas épocas até os órgãos reprodutores por algum meio desconhecido, ou se depois de coletadas elas se multiplicam rapidamente ali, como o grande afluxo de sangue para esses órgãos em cada período reprodutivo parece indicar como provável. (Darwin, 1868, p. 376)

Darwin apresentava duas opções com algo em comum entre elas: as gêmulas seriam agora *coletadas* e o sangue havia sido citado como evidência de que haveria algum processo fisiológico intenso ocorrendo nas gônadas, o que tinha levado muitos a pensar que o veículo transportador era o sangue, pelo menos em animais como os roedores, com grande afluxo de sangue nos órgãos reprodutores no período de procriação. Portanto, pre-

tendia agora ajustar sua teoria às evidências contrárias, em busca de algum agente transportador universal, comum à todos os seres vivos, inclusive aqueles não possuidores de sistema circulatório, nem excluía a transmissão célula a célula, o que, em termos teóricos, tornava-se iniciativa quase ingênua.

Por outro lado, ao publicar *Descent of man*, em 1871, insistia no mecanismo, apesar de todas as evidências contrárias. Talvez seja esta uma das razões da profundidade do abalo que os resultados de Galton lhe trouxeram. Mais uma vez, como o ocorrido com o *Origin*, ele se via surpreendido por contratempos durante a redação final de uma grande obra.

Os mecanismos hereditários propostos por Darwin foram bastante criticados por August Weismann (1834-1914), entre outros. As idéias de Weismann, culminando em sua “teoria do germoplasma” de 1892, simplesmente negavam a existência do transporte de partículas a partir das partes do corpo.

As melhorias obtidas pelo esforço de seres imperfeitamente adaptados não poderiam ser transmitidas a seus descendentes. De certa forma, a adaptação biológica cada vez mais se parecia com a maldição de Sísifo. Os pangenes de Darwin, bem como as “partículas fisiológicas” de Herbert Spencer (1820-1903), não poderiam mais ser levadas a sério. Weismann envolveu-se numa polêmica acirrada com Spencer, principalmente a respeito da herança dos caracteres adquiridos.

Enquanto Darwin e Galton concebiam a reprodução como uma quebra no ciclo vital de um organismo, com suas potencialidades “misturadas” e reafirmadas no novo organismo produzido, Weismann mantinha um enfoque diferente, segundo o qual, a reprodução era, em essência, *continuidade*, extensão do crescimento de um organismo. Como é bem sabido, as idéias de Weismann prevaleceram. Escreveu ele:

Minha teoria poderia, portanto, ser denominada “bastogênese” - ou origem do plasma germinativo, contrariando a teoria de Darwin da “pangênese” ou origem a partir de todas as partes do corpo. (Weismann, 1893, p. xiii)

O livro de Weismann tinha uma dedicatória: “À memória de Charles Darwin”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIZZO, Nelio M. V. Darwin on man: further factors considered. *Journal of the History of Biology* **25** (1): 137-147, 1992.

- BIZZO, Nelio; BIZZO, Luís Eduardo M. Charles Darwin in the Andes. *Journal of Biological Education* **40** (2): 68-72, 2006.¹³
- DARWIN, Charles Robert. On the writing of Origin of Species: Letter to Asa Gray dated 05 sept 1857, read in the Linnean Society on July 1st 1858. In: Darwin, Francis (ed.). *The life and letters of Charles Darwin* [1887]¹⁴
- . *Geological observations on South America. Being the third part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command of Capt. Fitzroy, R.N. during the years 1832 to 1836*. London: Smith Elder and Co., 1846.¹⁵
- . *Geological observations on the volcanic islands visited during the voyage of H.M.S. Beagle, together with some brief notices of the geology of Australia and the Cape of Good Hope. Being the second part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command of Capt. Fitzroy, R. N. during the years 1832 to 1836*. London: Smith Elder and Co., 1844.¹⁵
- . *The structure and distribution of coral reefs. Being the first part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command of Capt. Fitzroy, R.N. during the years 1832 to 1836*. London: Smith Elder and Co., 1842.¹⁵
- . Pangenesis. *Nature***3**: 502-503, 1871.¹⁵
- DARWIN, Henrietta Emma. *Emma Darwin, wife of Charles Darwin: a century of family letters, 1870*. Cambridge: Cambridge University Press, 1904. 2 vols.
- GALTON, Francis. Pangenesis. *Nature***4**: 4-5, 1871.¹⁵
- HERBERT, Sandra. From Charles Darwin's portfolio: an early essay on South American geology and species. *Earth Sciences History***14** (1): 23-36, 1995.
- OSPOVAT, Dov. *The development of Darwin's theory: natural history, natural theology and natural selection, 1838-1859*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- RUDWICK, Martin J. S. *The great Devonian controversy*. Chicago: The University of Chicago Press, 1985.

¹³ Disponível na Internet, em: <http://www.iob.org/userfiles/File/JBE_archive/JBE_40_2_Bizzo.pdf>.

¹⁴ Disponível na Internet em: <http://www.web-books.com/classics/Nonfiction/Science/Darwin_Letter1C14P3.htm>. Acesso em: 29 setembro 2007.

¹⁵ Disponível em: <<http://darwin-online.org.uk>>. Acesso em: 4 setembro 2007.

SEDGWICK, Adam. *A discourse on the studies of the university* [1833]. New York: Humanities Press; Leicester University Press, 1969.

TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

WEISMANN, August. *The germ-plasm: a theory of heredity*. Trad. W. Newton Parker & Harriet Rönnfeldt. London: Walter Scott Ltd., 1893.

Filosofía diacrónica de la ciencia: el caso de la genética clásica

Pablo Lorenzano*

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Díez y Moulines (1997), los dos fenómenos históricos más básicos de los que debe dar cuenta cualquier modelo de filosofía diacrónica de la ciencia¹ es el de la *identidad a través del cambio* y el de la *continuidad a través de la ruptura*. Así, su primera tarea es la de elucidar la genidentidad de las teorías científicas (ofrecer un análisis diacrónico de la naturaleza y estructura de las teorías en tanto entidades que se extienden en el tiempo), tratando de dar cuenta de un primer tipo de cambio científico, el cambio *intrateórico* (que tiene lugar *dentro* de una misma teoría), mientras que su otro gran problema es el de dar cuenta de cambios radicalmente más dramáticos (“revoluciones científicas”, a través de los que se pierde precisamente la genidentidad de una teoría), pertenecientes a un segundo tipo de cambio, el cambio *inter*teórico (consistente en un cambio *de* teoría, que involucra teorías distintas), y luego de los cuales, la teoría en cuestión, “ya

* Universidad Nacional de Quilmes/CONICET, Roque Sáenz Peña 352, (B1876BXD) Bernal, Prov. Buenos Aires, Argentina. E-mail: pablol@unq.edu.ar. Este trabajo fue realizado con la ayuda de los proyectos de investigación PICT REDES 2002 N° 00219 y PICT2003 N° 14261 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

¹ Tomando prestados de la lingüística los términos de *sincronía* y *diacronía* (Saussure 1916), podemos decir que si uno realiza un análisis filosófico considerando a la ciencia o sus teorizaciones particulares en un momento histórico determinado, dicho análisis se efectúa dentro del ámbito de la llamada *filosofía sincrónica de la ciencia*. Si, en cambio, el análisis abarca cierto intervalo temporal de la ciencia o de alguna de sus teorizaciones particulares, se dice que éste pertenece a la *filosofía diacrónica de la ciencia*, la cual se encuentra de un modo natural estrechamente relacionada con la historia de la ciencia.

no es lo que era”. Por su parte, la expresión “cambio interteórico” engloba tipos bastante distintos de fenómenos diacrónicos. La idea según la cual en una revolución científica se sustituye o elimina completamente un paradigma por otro parece aplicarse sólo a un número limitado de casos de cambio interteórico. Muchos ejemplos de este tipo responden, en realidad, a un esquema de cambios en donde no se presentan rupturas totales, ni en el nivel conceptual, ni en el metodológico, ni en el aplicativo. Tales casos se distinguen más bien por las siguientes características: (a) la teoría anterior al cambio es suplantada sólo *en parte* por la posterior; (b) algunos, o incluso muchos, de los conceptos, principios y casos paradigmáticos de aplicación de la primera teoría quedan incorporados, con modificaciones semánticas leves, a la segunda teoría. Además, los fenómenos diacrónicos son susceptibles de dos niveles de análisis, los que, tomando prestada una distinción habitual en la física, podemos denominar *cinemático* (si se centra en la *descripción* de las entidades involucradas y de los tipos de cambio de tales entidades) y *dinámico* (si se ocupa de las *causas* o factores desencadenantes de los (diversos tipos de) cambios).

En esta trabajo, luego de presentar condiciones que consideramos necesarias para la identidad de teorías, exploraré la posibilidad de tratar la historia de la *genética clásica* en términos del segundo tipo de cambio, el “inter-teórico”, aunque centrándonos en un análisis de corte cinemático, de forma tal de poder capturar y precisar tanto la idea de que entre éstas se dan ciertas discontinuidades y rupturas como de que éstas tienen “algo” que ver entre sí, o sea, de que entre ellas las rupturas no son totales, en ninguno de los niveles: conceptual, metodológico y aplicativo².

² A lo largo de este trabajo se presupondrá y utilizará, si bien sólo informalmente, una de las concepciones semánticas o modelo-teóricas acerca de las teorías científicas, a saber: la concepción estructuralista, al igual que, más en particular, algunas de sus propuestas para el ámbito de la filosofía diacrónica de la ciencia (como las condiciones de identidad de teorías planteadas más adelante) y algunos de los resultados obtenidos en su aplicación al análisis de la genética. Por razones de espacio, lamentablemente no podemos profundizar en ello. Para una presentación completa de esta concepción metateórica, y de las condiciones mencionadas, ver Balzer, Moulines & Sneed (1987); para una presentación sucinta, ver Díez & Lorenzano (2002). Para un análisis estructuralista de la genética en la que se basa el presente artículo, ver Balzer & Dawe (1990), Balzer & Lorenzano (1997) y Lorenzano (1995; 2000a; 2002a).

2 CONDICIONES NECESARIAS PARA LA IDENTIDAD DE TEORÍAS

En respuesta a la primera tarea de la filosofía diacrónica de la ciencia, a saber: elucidar la genidentidad de las teorías científicas, podríamos decir que, a pesar de los cambios, una teoría seguiría siendo una y la misma teoría si satisface las siguientes condiciones necesarias:

- 1) tener el mismo marco conceptual (los mismos conceptos básicos);
- 2) tener las mismas leyes fundamentales (a pesar de que las leyes especiales pudieran no ser las mismas);
- 3) conceptualizar los “fenómenos”, “experiencia” o “datos” de la misma manera (mediante la utilización de los mismos conceptos);
- 4) mantener las mismas relaciones esenciales con otras teorías; y
- 5) tener la intención de dar cuenta de (al menos algunos de) los mismos fenómenos (manteniendo al menos algunas de las aplicaciones propuestas o intencionales de la teoría).

Las cuatro primeras condiciones enumeradas son de carácter “conceptual” (presuponiendo, a su vez, cierta “metodología” en la determinación de los “fenómenos” en particular y de la extensión de todo los conceptos en general, y no sólo de aquellos que nos permiten representar a los “fenómenos”), mientras que la última es de carácter más bien “aplicativo”. Así entendidas, en caso de no cumplirse con alguna(s) de ella(s), diríamos que el cambio que tuvo lugar no fue un cambio *intra*teórico (*dentro* de una y la misma teoría), sino *inter*teórico (o sea, *de* teoría), estando entonces frente a una teoría distinta. Sin embargo, el cambio no tiene porqué darse simultáneamente en todos los aspectos mencionados, así como tampoco tiene porqué ser de todo o nada. En los siguientes apartados, y luego de presentar las teorizaciones de Mendel, de los llamados “redescubridores” – de Vries, Correns y Tschermak –, de Bateson y colaboradores y de Morgan y discípulos, nos centraremos en la discusión de las condiciones 1), 2), 3) y 5), dejando para otro trabajo, por razones de espacio, la de la condición 4), referida a los vínculos interteóricos³.

³ Igualmente, debido a limitaciones de espacio, no podemos hacer referencia a toda la bibliografía, primaria y secundaria, consultada para la elaboración de dichos apartados, ni a las distintas posiciones que encontramos entre los historiadores de la genética acerca de cuáles son las continuidades y discontinuidades que encontramos en la historia de dicha disciplina, y cuál es el significado de éstas para el problema de la identidad de las teorías; una discusión acerca de estas posiciones, así como también la bibliografía relevante a ella,

3 JOHANN GREGOR MENDEL Y LA TRADICIÓN HIBRIDISTA

De acuerdo con el relato más extendido sobre la historia de la genética (la “historia oficial”), Johann Gregor Mendel (1822-1884) funda en 1865 la genética cuando, al intentar resolver el problema de la herencia, introduce sus conceptos fundamentales y propone las leyes más tarde llamadas en honor suyo “leyes de Mendel”: la ley de la segregación y la ley de la transmisión independiente o primera y segunda ley de Mendel, respectivamente. Sin embargo, una lectura atenta de sus trabajos originales, así como también la ubicación de su obra en el contexto de la biología del siglo XIX, podría proporcionarnos una imagen distinta.

Según ella, Mendel no dijo ni hizo todo lo que dicen que dijo y que hizo. En primer lugar, estimulado por los cruzamientos del tipo de los realizados por una de las dos tradiciones de investigación dedicadas al estudio de la variación biológica existentes en el siglo XIX, la de los *criadores* (cruzamiento de variedades que difieren en algunas pocas características), el *problema* central al que Mendel intenta dar solución con su trabajo *no es el problema de la herencia* (cuya formulación más general podría ser “¿por qué la descendencia se parece a los padres?”), sino otro, si bien relacionado, distinto de éste: *el problema de la hibridación* (“¿pueden originarse nuevas especies a partir del cruzamiento de especies preexistentes?”), planteado dentro de la otra de las tradiciones aludidas, la de los *hibridistas*, e intentado solucionar afirmativamente por algunos de sus integrantes. Mendel, para el cual éste era el problema central en la historia evolutiva de los seres vivos, se propone encontrar “una ley de validez universal sobre la formación y el desarrollo/evolución de los híbridos”⁴, a partir de un análisis estadístico de sus experimentos⁵.

puede encontrarse en los artículos sobre historia de la genética en los que se basa esta presentación (Lorenzano 1995; 1997; 1998; 1999; 2000b; 2002b; 2005; 2006).

⁴ La traducción usual de “Entwicklung” es “desarrollo”. Sin embargo, dicho término es ambiguo. Mientras que en el alemán corriente actual significa “desarrollo”, en ese entonces – hacia mediados del siglo XIX – era utilizado para referirse a cualquier proceso de desarrollo, incluyendo tanto a la ontogenia como a la filogenia, e.e. tanto al desarrollo embriológico como a lo que posteriormente se denominaría “evolución”, libre de toda connotación embriológica.

⁵ Dicho análisis constituía una novedad en las tradiciones mencionadas (aunque no en las ciencias biológicas en general), novedad de la cual Mendel era plenamente consciente: “Quien considere los trabajos en este campo llegará a la conclusión que entre los numero-

En segundo lugar, dicha ley – “la ley encontrada en *Pisum*”, que se descompone en “la ley de la combinación simple de las características”⁶ y “la ley de la combinación de las características diferenciales”⁷ – no se identifica con las leyes que más tarde llevan su nombre: Mendel plantea estas leyes en términos de las características mismas, o sea, en términos de lo que a partir de Johannsen (1909) sería denominado “fenotipo”, y no en términos de “genes” o “factores”, como suele hacerse en la presentación hoy habitual de las llamadas “leyes de Mendel”.

Por otro lado, Mendel intenta *fundamentar* y *explicar* esta ley, que rige el comportamiento de los denominados “híbridos *variables*” – entre los que se encuentran las arvejas, del género *Pisum*, con las que realizó gran parte de sus experimentos –, mediante la relación entre la producción y comportamiento de las células germinales y polínicas y el de las formas (o características) constantes (Mendel, 1865, p. 32) y, en última instancia, la constitución y agrupamiento de lo que denomina “elementos” (Mendel, 1865, p. 58) o “elementos celulares” (Mendel, 1865, p. 60)⁸. Estos *elementos*, sin embargo, no se identifican con los genes, factores, alelos o factores alelos o alélicos de la genética “clásica”, “formal” o “mendeliana”, ya que:

(a) En ningún lugar estipula Mendel que los elementos sean partículas; sí parecen ser elementos materiales, pero bien pudieran concebidos como

... los experimentos ninguno fue realizado en la amplitud y el modo que hiciera posible determinar el número de formas diferentes bajo las cuales aparecen los descendientes de los híbridos, que se clasificaran esas formas con seguridad en las generaciones individuales y que se pudieran fijar las proporciones numéricas mutuas” (Mendel, 1865, p. 4).

⁶ “Si *A* denota una de las características constantes, por ejemplo la dominante; *a* denota la recesiva y *Aa* la forma híbrida, así da la expresión: $A + 2 A a + a$ la serie de desarrollo/evolución para los descendientes de los híbridos para dos características diferenciales” (Mendel, 1865, pp. 34-35).

⁷ “[L]os descendientes de los híbridos en los cuales se han unido varias características esencialmente diferentes, presentan los miembros de una serie combinatoria en la que se han unido las series de desarrollo para dos características diferenciales. Con esto se demuestra, al mismo tiempo, que el comportamiento de cada dos (tipos de) características diferenciales es independiente en la unión híbrida de cualesquiera otras diferencias en las plantas parentales” (Mendel, 1865, p. 40).

⁸ Esta es una segunda diferencia importante entre la(s) ley(es) que propone Mendel y las que le atribuyen y llevan su nombre: aquella(s) no sólo viene(n) formulada(s) en términos de las características mismas y no de aquellas entidades responsables por la aparición de dichas características (“factores”, “genes” o “elementos”), sino que, de acuerdo con él, aquella(s) requiere(n) fundamentación y explicación, en tanto que las que se le atribuyen a él, no requieren explicación, sino que son ellas mismas consideradas explicativas.

fluidos – sustancias fluidas, pinturas, emulsiones – en vez de como partículas;

(b) Mendel nunca se expresó acerca del número de elementos necesarios para cada característica y utilizó dos letras (**Aa**) para simbolizar la presencia de elementos diferentes, pero sólo una (ya sea **A** o **a**) para simbolizar la presencia de elementos iguales; de acuerdo con la genética clásica, el número de elementos (factores o genes) para cada característica debería ser igual a dos, es decir, éstos deberían venir por pares, independientemente del hecho de que sean iguales (condición homocigótica) o distintos (condición heterocigótica);

(c) Mendel afirma que “sólo los [elementos] diferenciales se excluyen mutuamente” (Mendel, 1865, p. 60); tal afirmación se condice con el mecanismo que propone a título de hipótesis para explicar el comportamiento de los híbridos variables, a saber: la *unión pasajera* de los elementos celulares *diferentes* (*ibid.*, p. 60); según la genética clásica, no sólo los elementos (factores o genes) diferentes deberían separarse, sino también los iguales, esto es, la segregación tiene lugar siempre, tanto en el caso de la condición heterocigótica como en el de la homocigótica; además, si los elementos pudieran contarse, y sólo los distintos segregaran, al fusionarse las células mediante el cruzamiento, aumentaría el número de elementos iguales que determinan una característica, algo igualmente incompatible con los planteos de la genética clásica; así, mientras que el término “gen” (o “factor”) es un término contable, parece que el término “elemento” (o “elemento celular”) habría que interpretarlo mejor como un término de masa, tal como “agua”;

(d) El mecanismo propuesto por Mendel para explicar la existencia de híbridos constantes⁹, es decir, de híbridos cuyos descendientes conservan la apariencia de las formas híbridas y se propagan sin modificación, alcanzando el estatus de nuevas especies (respondiendo así afirmativamente a la pregunta discutida por los hibridistas) – la *unión duradera* de los elementos celulares diferentes (Mendel, 1865, p. 60) – es nuevamente incompatible con lo afirmado por la genética clásica, debido a que para ella, repetimos, siempre tiene lugar la segregación.

En conclusión, Mendel podría ser considerado un investigador que trabaja, de un modo similar a la de los “criadores”, en la tradición “hibridis-

⁹ Entre los cuales se encuentran *Aquilegia atropurpureo-canadensis*, *Lavatera pseudolbio-thuringica*, *Geum urbano-rivale*, algunos híbridos de *Dianthus*, los híbridos de las especies de sauces (Mendel, 1865) y *Hieracium* (Mendel, 1869).

ta”, pero que lleva a cabo un tratamiento novedoso (respecto de los hibridistas y aun de los criadores que lo precedieron o contemporáneos) de los rasgos o características (siendo éste un análisis matemático o estadístico), sin proponer exactamente aquello que luego sería conocido con el nombre de “genética clásica”, “formal” o, incluso, “mendeliana”.

4 EL “REDESCUBRIMIENTO” DE MENDEL Y SUS “REDESCUBRIDORES” DE VRIES, CORRENS Y TSCHERMAK

Continuando con el relato de la “historia oficial”, no sólo se supone que Mendel funda en 1865 el nuevo campo de la genética, sino que su trabajo permanece en general desconocido, y cuando éste no es el caso, incomprendido, hasta que en el año 1900 es “redescubierto” simultánea e independientemente por tres investigadores (de Vries en Holanda, Correns en Alemania y Tschermak en Austria) que trabajando en el mismo problema obtienen los mismos resultados a los que Mendel supuestamente había arribado con anterioridad, esto es, a las proporciones 3:1 y 9:3:3:1 (para los cruzamientos mono y dihíbridos, respectivamente) y a su explicación por medio de la ley de la segregación y la ley de la transmisión independiente de los genes.

En realidad, los llamados “*redescubridores*” no realizaron ningún *redescubrimiento*, sino que más bien *proyectaron* sobre el trabajo de Mendel *su propia problemática y conceptos*, adjudicándole *cosas distintas*. Además, *ninguno* de ellos *creyó en la validez universal* de aquello que le adjudicaron a Mendel. Por otro lado, lo que “*redescubrieron*”, es decir, lo que exponen en sus trabajos del año 1900, *no* es lo posteriormente presentado como *genética clásica*.

Hugo de Vries (1848-1935), que fue el primero en hablar con el nacimiento del siglo XX de la “ley de la segregación de los híbridos” (Vries, 1900a, b, c) y en señalar a Mendel como su descubridor¹⁰, se refería en dicha ley a la segregación de las *características*¹¹ y no de unidades hereditarias (“genes” o “factores”), a pesar de que él ya había aceptado su existencia en la teoría de la pangénesis, en donde las denomina “pangenes” (Vries, 1889), y alude a ellas en sus trabajos “redescubridores” (Vries, 1900a, b, c),

¹⁰ En Vries (1900b, c), pero no, debido a su brevedad, en Vries (1900a) que, a pesar de haber sido escrito posteriormente, fue el primero en ser publicado.

¹¹ “*En la formación del polen y de los óvulos, las dos características antagónicas se separan*. En ello siguen, en la mayoría de los casos, leyes simples del cálculo de probabilidad” (Vries, 1900a, p. 84).

y de sostener que “[e]n el híbrido yacen ambas propiedades antagónicas la una al lado de la otra como *Anlagen* [*capacidades* o *disposiciones*]” (Vries, 1900b, p. 86), considerando que la ley de la segregación de los híbridos “posee una importancia fundamental para el estudio de las unidades de las que están compuestas las características de la especie” (Vries, 1900b, p. 90). El procedimiento habitual utilizado por de Vries era el de informar sobre los porcentajes de individuos que mostraban una característica determinada, pero no sobre sus proporciones relativas. Los valores esperados son igualmente dados como porcentajes, en lugar de serlo como proporciones numéricas. Por otro lado, en los artículos “redescubridores” de Vries no considera que las características se encuentren necesariamente por pares en las células somáticas: en los híbridos “verdaderos” o “auténticos” sí están apareadas (representándolas mediante D^2 y R^2 o, alternativamente, d^2 y r^2 , en donde D o d simbolizaba la característica dominante, visible o activa, y R o r , la recesiva o latente) y se comportan de acuerdo con la ley de la segregación de Mendel; mientras que en los híbridos “falsos” o “inauténticos”, más tarde llamados por él “unisexuales” – p.e. en los de *Hieracium*, también estudiados por Mendel (1869) – no lo están y se comportan de acuerdo con otras reglas. Además, de Vries elevó en los artículos “redescubridores” el concepto de dominancia al rango de regla o ley, pues el siguiente enunciado: “*De los dos caracteres antagónicos, el híbrido lleva siempre sólo uno*, y ése en desarrollo completo. Así, en este punto, él [el híbrido] no se distingue de uno de los dos padres. En ellos no aparecen formas intermedias” (Vries, 1900a, p. 84) tenía para él validez en todos los híbridos “verdaderos” o “auténticos” (fueran monohíbridos, dihíbridos o polihíbridos), al igual que la ley de la segregación.

Carl Correns (1864-1933), por su parte, utiliza la expresión “regla de Mendel” para referirse a una formulación general que incluye tanto a la “ley de segregación” de de Vries, para los casos monohíbridos, como a su generalización para los casos di- y trihíbridos, comenzando a separar claramente entre las características o rasgos, por un lado, y las entidades responsables de ello, por el otro, que él también denomina, siguiendo la terminología de su maestro y corresponsal de Mendel, Carl von Nägeli, “Anlage”, y planteando que éstas siempre se encuentran por pares en las células somáticas, aun cuando no utilizara el modo de escritura habitual posterior **AA** para los homocigotos dominantes, **Aa** para los heterocigotos y **aa** para los homocigotos recesivos, ni hiciera un uso consistente de la terminología (Correns, 1900a). Sin embargo, la denominación de “regla de Mendel” se debe a que Correns consideraba que ésta, como todas las reglas, y a dife-

rencia de las leyes, poseía un ámbito limitado y no universal de validez (Correns, 1900b, p. 22). En Correns también encontramos el origen de la “historia oficial” de la genética, cuando neutraliza la disputa por la prioridad del descubrimiento, tanto de los resultados de los cruzamientos con arvejas como de su explicación, que hubiera podido surgir fundamentalmente entre él y de Vries, al atribuírselo a un investigador anterior, Mendel, si bien reconociendo al mismo tiempo que la explicación dada por éste era la misma que la proporcionada por ellos, sólo “hasta donde era posible en 1866” (Correns, 1900a, p. 158), y al ser el primero en hablar de un “redescubrimiento” con referencia a lo planteado en los trabajos suyos, de de Vries y de Tschermak (Correns, 1900a, p. 159).

Por último, Erich Tschermak (1871-1962) no interpretó el trabajo de Mendel del modo en que se lo interpreta habitualmente, sino que permanece en el nivel puramente descriptivo de las características – como reconoce muchos años después (Tschermak, 1925) –, aunque sólo encontrando dominancia *casi* exclusiva de una de las características en la generación F_1 (Tschermak 1900a), y sin presentar proporciones definidas constantes entre ellas, sino 2,8:1, 3,1:1 (Tschermak, 1900a, c) y 3:1 para los cruzamientos con monohíbridos en la generación F_2 (Tschermak, 1900a), y 8,3:3:2,6:1 para los cruzamientos con dihíbridos en F_2 (Tschermak, 1900a), y aun los porcentajes 57 % y 43,5 % para casos de cruzamientos retrógrados¹² (Tschermak, 1900a, b, c). Además, no pudo encontrar una regla o ley simple para cubrir todos estos resultados, ni postuló la existencia de proporciones teóricas, además de las empíricas. Por ello es que afirma que el mayor aporte realizado por Mendel consistió en su concepción de la relación dominancia-recesividad, a la cual se refiere como al “enunciado [...] del desigual valor de acuerdo con leyes de las características para la herencia” (Tschermak 1900a, p. 553, 1900c, p. 594) o a “la teoría del distinto valor de acuerdo con leyes de las características para la herencia” (Tschermak 1902, p. 783). Sin embargo, es digno de mencionarse que el concepto de dominancia de Tschermak es distinto al de Mendel o al que luego fuera adoptado en la llamada “genética clásica”. Por un lado, no parecía disponer de un concepto de dominancia bien delineado o inequívoco – como parece que debería serlo al menos en la llamada “dominancia completa” – ni que la presencia de “transiciones” implique la carencia de dominancia (Tschermak, 1900b). Por otro lado, cuando se refiere a los cruzamientos

¹² Esto es, de individuos de la generación F_1 con progenitores recesivos.

recíprocos, Tschermak – en abierta oposición a Mendel, quien había mostrado que los resultados de fertilizaciones recíprocas eran idénticos, y a los otros “redescubridores” – subraya la influencia desigual de las semillas y polen progenitoras (Tschermak, 1900a, b, c), obteniendo así, según afirma, resultados distintos a partir de dichos cruzamientos. Por último, y más importante aún, los resultados empíricos y la dominancia – a la que también se refiere utilizando el término “prevalencia” y el correlativo “prevaliente” – eran interpretados por Tschermak en términos del diferente “valor” o “potencia hereditaria” de las diversas características (Tschermak, 1900a, b). La “prevalencia” de una característica determinada es la demostración de la dominancia de ella. Si es la característica con la mayor potencia la que es transmitida, se mostrará dominancia completa; mientras que si lo es la de menor potencia, dicha característica no aparecerá en lo absoluto. Si ambas características son igualmente potentes, aparecerán ambas en igual número, y entonces será esa una forma de transición. En esa clase de sistemas se medirá la dominancia de una característica en relaciones numéricas, que, a su vez, no constituirán una propiedad permanente de tal característica, sino que ésta puede variar ampliamente.

Luego de lo dicho, parecería más razonable considerar a de Vries, Correns y Tschermak como trabajando en un período de investigación “desorganizada” con intentos en direcciones diferentes, más que como “redescubridores”, simultáneos e independientes, del trabajo de Mendel y/o de la genética clásica.

5 WILLIAM BATESON, LA EMERGENCIA DE LA GENÉTICA Y EL “MENDELISMO”

La “historia oficial” afirma que, en el año 1900, y mientras el trabajo de Mendel era “redescubierto”, Bateson lee en Inglaterra el artículo de Mendel, reconoce inmediatamente su importancia, y empieza a difundirlo, de forma tal que Mendel es festejado como el padre de la genética y se le asegura, de este modo, un lugar en la historia de la ciencia.

En realidad, la genética cristalizó como disciplina biológica separada dificultosamente, a través del trabajo de William Bateson (1861-1926) y sus colaboradores. Esto no sucedió ni de un día para el otro, ni sin oposición. Por el contrario, este es un proceso que tuvo lugar durante gran parte de la

primera década del siglo XX¹³ y en donde el llamado “mendelismo” de Bateson tuvo que afirmarse frente a otras perspectivas que entonces también abordaban el problema de la herencia, tales como la biometría, la citología y la embriología experimental.

Uno de los cambios ocurridos durante ese período tiene que ver con el problema central al cual quiere dársele respuesta y a la consiguiente restricción del campo de aplicación. Las cuestiones de la variación y la herencia ganan independencia gradualmente con relación a la problemática evolutiva y embriológica, hasta tal punto que pasan a constituir un nuevo dominio, una nueva disciplina, la genética¹⁴.

El camino a la claridad teórica no fue sencillo en genética, así como tampoco fue alcanzado inmediatamente, sino sólo en el transcurso del tiempo y a través de constantes propuestas, contrapropuestas, discusiones y modificaciones que tuvieron lugar dentro de la comunidad científica. Y a pesar de que Bateson tenía una concepción distinta a la que en los libros de texto de la actualidad se describe con el nombre de “genética clásica”, aportó mucho a ese proceso y desarrolló, aproximadamente desde 1905, una teoría de la herencia basada en factores – el “mendelismo”¹⁵ – que,

¹³ Previo a que Bateson tuviera conocimiento sobre la ley de la segregación a través de Vries (1900a), no estaba convencido de ninguna de las teorías de la herencia propuestas por entonces; si bien aceptaba que la ley de Galton de la herencia ancestral tenía aplicaciones, consideraba abierta la cuestión de hasta qué punto era válida. Luego de tomar conocimiento de la ley de la segregación, Bateson encuentra que la ley de Galton de la herencia ancestral no es aplicable a todos los casos que muestran dominancia, al menos en la forma en que se la presenta habitualmente: dichos casos son explicados con ayuda de la ley de la segregación de de Vries, que requiere para su formulación – según afirma Bateson entonces – sólo una modificación de la ley de Galton. Dos años más tarde pensó Bateson, en contra de lo anterior, que las leyes anteriormente citadas no eran teóricamente conciliables, y que, por lo tanto, no se trataba más de decir cuál de las leyes se subordinaba a cuál, sino, antes bien, de determinar en qué medida el campo de aplicación – la herencia por mezcla, que no muestra dominancia – hasta ese entonces aceptado de una de las leyes – la de Galton – lo sería en realidad de la otra – la de Mendel.

¹⁴ El término “genética” fue utilizado por Bateson por primera vez en una carta dirigida al zoólogo de Cambridge Adam Sedgwick en 1905 y en 1906 en un medio público, a resultas de lo cual la “Third Conference on Hybridisation and Plant-Breeding” fue rebautizada para la publicación de sus actas como “Third International Conference on Genetics”, para referirse a la elucidación de los fenómenos de la herencia y la variación.

¹⁵ La denominación “mendelismo” aparece por primera vez por el año 1903 para referirse a los trabajos de Bateson y otros “mendelianos” realizados antes del establecimiento de la genética como disciplina autónoma e independiente y se continuó utilizando posteriormen-

hasta el surgimiento de la teoría de Morgan y sus discípulos, fue sinónimo de “genética”. Según ella, las características no son literalmente transmitidas por los gametos. Los responsables por la transmisión y consiguiente aparición de ciertos rasgos o características son determinados elementos o unidades, denominados “caracteres-unidad” (“unit-characters”) primero y “factores” luego, que se transmiten de padres a hijos en las células germinales o gametos durante la fecundación. En el individuo dichos factores se encuentran por pares (llamados “alelomorfos”¹⁶ y siendo obtenidos uno por cada progenitor), mientras que durante la formación de gametos éstos se separan (“segregan”), encontrándose así un solo factor aleomorfo por gameto. En ella se plantea entonces una clara distinción entre las características hereditarias, por un lado, y las unidades hereditarias o factores responsables de dichas características, por el otro, aun cuando su naturaleza (material o no)¹⁷ sea desconocida.

La hipótesis factorial estuvo en Bateson asociada desde el comienzo a otra hipótesis, característica del mendelismo, denominada “de la *presencia-y-ausencia*”, según la cual, los dos únicos estados posibles de cualquier factor presente en el gameto son o bien su presencia o bien su ausencia. Cuando el factor está presente, se manifiesta el carácter por él determinado; cuando el factor está ausente, algún otro carácter oculto previamente es susceptible de manifestarse. Bajo esta interpretación, la hipótesis factorial explica sin dificultades las proporciones 3:1 de los cruzamientos monohíbridos. Y si se supone que los factores se heredan de forma completamente libre e independiente los unos de los otros, también se pueden explicar las pro-

te para referirse ante todo a los desarrollos teóricos de Bateson y colaboradores, y que, de acuerdo con nuestra interpretación, constituyen el primer programa de investigación en genética.

¹⁶ Con ayuda de los conceptos de carácter y caracteres-unidad, introduce, en 1902, los términos “homocigoto” y “heterocigoto”, para aquellos individuos que poseen en el cigoto dos gametos o bien del mismo tipo (con el mismo carácter-unidad) o bien de un tipo distinto (con caracteres-unidad diferentes). La expresión “aleomorfo” – más tarde abreviada por Morgan y colaboradores a “alelo”, designando los estados alternativos de un gen – fue introducida originalmente para referirse a un par de caracteres-unidad diferenciales observables. A partir de 1905 se consideran individuos homocigotos aquellos que poseen en el cigoto (factores) alelomorfos del mismo tipo y heterocigotos aquellos que poseen (factores) alelomorfos distintos.

¹⁷ Coleman (1970), por ejemplo, sugiere que las preferencias de Bateson estaban del lado de la naturaleza no-materialista de estas entidades postuladas. Por otro lado, no parecían así las preferencias del más cercano colaborador de Bateson (ver Punnett, 1907, p. 24).

porciones 9:3:3:1, 27:9:9:9:3:3:3:1, etc., de los cruzamientos dihíbridos, trihíbridos, etc., de un modo sencillo. Del mismo modo, la hipótesis de la presencia-y-ausencia permite interpretar y comprender la interacción de los factores, es decir, que los factores no sólo son elementos subyacentes separados con efectos individuales y aislados, sino que también pueden interactuar entre sí, y de este modo dar lugar a caracteres completamente nuevos, como en el caso de la cresta de los gallos, o dar lugar a las proporciones 9:4:3 y 9:7 de los cruzamientos dihíbridos (Bateson & Punnett, 1905, Bateson, 1909). También le permite a Bateson tratar algunas de las excepciones, transformando en éxitos los aparentes fracasos. Así, cuando Bateson, Saunders y Punnett (1905) hallaron casos en cruzamientos dihíbridos, en los que las proporciones numéricas en F₂ se apartaban por completo de la proporción habitual 9:3:3:1, explicaron dichas proporciones a través de lo que denominaron “acoplamiento” y “repulsión” de los factores¹⁸.

Al mismo tiempo en que Bateson desarrolla, de 1905-6 a 1909-10, el esquema conceptual conocido con el nombre de “mendelismo”, amplía su campo de aplicaciones, primero a los caracteres denominados “discontinuos” y luego también a los denominados “intermedios” o “continuos”, dentro del reino vegetal y, conjuntamente con el francés Cuénot, del reino animal, y desarrolla una creciente confianza en dicha conceptualización y en la “promesa” de ésta para el trabajo de investigación fructífero.

Del modo así relatado, se obtiene la cristalización del primer programa de investigación, paradigma o teoría en genética.

6 THOMAS HUNT MORGAN Y EL INICIO DE LA GENÉTICA CLÁSICA

La “historia oficial” de la genética concluye afirmando que, diez años después de llevarse a cabo el “redescubrimiento” de Mendel y de que Bateson se “convirtiera” al “mendelismo”, Morgan y sus discípulos se incorporan a la investigación básica en genética, y relacionándola con los conocimientos de entonces de la citología, investigan y explican las aparentes excepciones, amplían su campo de aplicación, y ayudan así a conformar a la

¹⁸ A partir de 1911, Bateson intentó explicar los fenómenos de acoplamiento y repulsión mediante una segregación de los pares de factores, que tendría lugar durante los primeros estados embrionales de la planta, y de la reproducción (*reduplicación*) de ciertos tipos de gametos durante su formación (*teoría de la reduplicación*), es decir, mediante hipótesis citológicas (Bateson & Punnett, 1911a, b).

genética llamada “formal”, “clásica” o “mendeliana” como a la teoría de la herencia universalmente reconocida.

Thomas Hunt Morgan (1866-1945), que comenzó trabajando en embriología experimental (1895-1902) y después continuó en evolución, y en especial en la relación de la herencia y la citología con el problema de la determinación del sexo (1903-1910), desarrolla junto a sus discípulos y colaboradores Sturtevant, Bridges y Muller, a partir de 1910, la teoría genética que devendría estándar en el período clásico (hasta ca. 1939), y que sería conocida con el nombre de “teoría del gen” o, simplemente, “genética clásica”, “formal” o “mendeliana”.

Morgan (1913) fue el primero en utilizar el término “transmisión independiente”. También fue el primero (Morgan, 1919) en hablar explícitamente de dos leyes, “la ley de la segregación de los genes” y “la ley de la transmisión independiente de los genes”, atribuyéndole su descubrimiento a Mendel, y refiriéndose a ellas como “primera ley de Mendel” y “segunda ley de Mendel”, respectivamente, formulándolas de la manera que es estándar en la literatura genética. En esta formulación, las leyes no se refieren a las características o a los caracteres-unidad, sino a los *factores* o a aquello que desde la propuesta de Johannsen (1909) se denominaría *genes*¹⁹.

Entre 1910 y 1915, el grupo de la *Drosophila* trabajaría en al menos las dos siguientes direcciones: 1) distintas líneas de investigación, que ampliaron y modificaron las “leyes de Mendel”, a través de la postulación de alelos múltiples, de factores múltiples y del principio de enlace y 2) la construcción de mapas genéticos – también llamados “mapas cromosómicos”.

La *genética clásica*, en la forma desarrollada por Morgan y colaboradores, debió al principio afirmarse *en contra del mendelismo* de Bateson²⁰, y si bien su relación conceptual con la de Bateson era realmente fuerte, ambas teorías son *distintas*. La *diferencia* fundamental, aunque no exclusiva, entre ellas se da

¹⁹ Aun cuando para éste la palabra “gen” se encontrara libre de toda hipótesis referente a su naturaleza (Johannsen, 1909, 1911) y en Morgan y colaboradores se pensara en los genes como entidades físicas (materiales), en especial como partículas discretas de, en o sobre, los cromosomas. Otros términos propuestos por Johannsen y adoptados por la genética clásica fueron los de “fenotipo” y “genotipo”, entendiéndose por el primero el conjunto de rasgos o características de un individuo y por el segundo el conjunto de genes o factores alelos de un individuo.

²⁰ De hecho, Morgan fue un gran crítico del “mendelismo” durante la primera década del siglo XX (y lo continuó siendo luego de desarrollar su propia teoría), mientras que Bateson nunca terminó de aceptar del todo las propuestas de Morgan y colaboradores.

en la forma que adoptan y la interpretación que reciben los factores (también llamados “genes”, en el caso de Morgan) responsables de las distintas características: mientras que en Bateson sólo poseen dos formas alternativas, en su terminología sólo hay dos “alelomorfos” – presencia y ausencia –, para Morgan los factores, ahora llamados “alelos”, pueden poseer muchas formas alternativas²¹. Esta posibilidad, presente en la teoría de Morgan, de encontrar “alelos múltiples” es en la de Bateson una imposibilidad conceptual. Por otro lado, en la “genética clásica” nos encontramos con un concepto nuevo, que no tiene equivalente en el “mendelismo”: el *mapeo genético*, que permite la representación de *loci* sobre una línea de números reales, tales que el orden y las distancias como aparecen en el material genético son representados homomórficamente por el orden y las distancias de los números que están por ellos.

De este modo, mientras que con el trabajo de Bateson se obtiene la cristalización del primer programa de investigación, paradigma o teoría en genética, el de Morgan y colaboradores debería ser considerado un programa de investigación, paradigma o teoría sucesor.

7 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DISTINTAS TEORIZACIONES

Mendel presenta sus resultados, y los sistematiza en “la ley encontrada en *Pisum*”, mediante ciertos conceptos que, si los agrupamos en una estructura, pueden ser representados del siguiente modo: $\langle J, P, APP, MAT, DIST \rangle$, en donde *J* representa el conjunto de individuos (progenitores y descendientes), *P* el conjunto de las características, *APP* una función que le asigna a los individuos sus características o apariencia, *MAT* una función de cruce que le asigna a dos padres cualesquiera su descendencia y *DIST* las frecuencias relativas de las características observadas en la descendencia. Los cuatro primeros de estos conceptos no son ajenos a las tradiciones de los “criadores” y de los “hibridistas”; el que sí es “novedoso” (ver nota 4) es el que representa el análisis estadístico que lleva a cabo de los cruces y proporciona las frecuencias relativas de las características obser-

²¹ Además, también hay diferencias entre la teoría de Bateson y la de Morgan en lo siguiente: mientras que para Bateson los factores son entidades presentes en los gametos, pero cuya naturaleza podría no ser material, para Morgan son partículas discretas de naturaleza física o material, que se encuentran presentes en los cromosomas.

vadas en la descendencia: la función *DIST*, que describe la transición de las características de los progenitores a distribuciones de características en la descendencia. Por otro lado, introduce otro término nuevo, el de “elemento” o “elemento celular”, que refiere a la entidad en cuya “constitución y agrupamiento” pretende fundamentar y explicar tanto “la ley” que propone “sobre la formación y la evolución de los híbridos”, y que rige el comportamiento de los “híbridos variables”, como la existencia de los “híbridos constantes”. De este modo, si representáramos todos los conceptos que ocurren en la obra de Mendel mediante una estructura del siguiente tipo $\langle J, P, E, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$, *J, P, APP, MAT* y *DIST* simbolizarían lo ya dicho, mientras que *E* simbolizaría el conjunto de los elementos, y, para que éstos cumplan su cometido, también una función *DET*, que simbolizaría las relaciones postuladas entre los elementos y las características, y una función *COMB*, las distribuciones de los elementos en la descendencia, recordando que “sólo los [elementos] diferenciales se excluyen mutuamente” y que en los “híbridos *constantes*” tiene lugar una *unión duradera* de los elementos celulares diferentes.

Si ahora nos preguntamos qué ocurrió luego en la historia de la genética, constatamos que no todos los términos básicos principales o característicos propuestos por Mendel pasaron a formar parte del vocabulario “notórico” (en terminología de la concepción estructuralista) o “disponible antecedentemente” (Hempel, 1966) para los que trabajaron después, pero sí un gran número de ellos, a saber: aquellos utilizados para expresar los resultados obtenidos tanto en los “híbridos variables” como en los “híbridos constantes”. De hecho, las regularidades empíricas encontradas por Mendel, y sistematizadas en “la ley encontrada en *Pisum*”, pasan a constituir (parte de) la “base empírica” de las teorizaciones posteriores. Los resultados de Mendel, obtenidos en determinado contexto teórico y problemático, fueron así incorporados o, mejor, subsumidos, sin cambios, en las teorizaciones posteriores, desarrolladas en distintos contextos de aquel en el que trabajara Mendel, proporcionándoles el instrumental conceptual por medio del cual formular los sistemas empíricos a los que los “redescubridores” – al menos de Vries y Correns, ya que en Tschermak no está tan claro el uso apropiado de métodos estadísticos en la presentación y análisis de sus resultados –, así como también Bateson y Morgan, querían aplicar sus teorías, o sea, para expresar aquello de lo que pretendían dar cuenta, aquello que querían explicar y predecir. Es así que el trabajo de Mendel es “leído” por los investigadores posteriores en un contexto distinto en el que

fuera producido, en parte “recortándolo” y en parte “resignificándolo”. Las teorizaciones que éstos desarrollan son acerca de la transmisión de características hereditarias, en la cual se sigue la herencia de diversas características de generación en generación de individuos que se cruzan y en donde se discernen razones numéricas (frecuencias relativas) en la distribución de esas características en la descendencia de los individuos. Los sistemas empíricos de esta clase pueden representarse mediante estructuras, digamos *J*, como las señaladas en primer lugar con relación a Mendel, del siguiente tipo: $\langle J, P, APP, MAT, DIST \rangle$, en donde los distintos componentes se interpretan del modo ya indicado. Estructuras así, en donde figuran los conceptos que son no-teóricos para dichas teorías, como decíamos, posibilitan la representación de los sistemas a los cuales pretenden aplicarse (las *aplicaciones intencionales*) y a los que se supone ya se han aplicado (las *aplicaciones* consideradas *exitosas*, tales como las proporcionadas por las arvejas, género *Pisum*, investigadas por Mendel).

El término básico descriptivo principal, teórico (en sentido estructuralista), que figura en la propuesta de Mendel y que no es incorporado en las teorizaciones posteriores, es el de “elemento”. Si bien es cierto que en dichas teorizaciones – con la excepción de la de Tschermak, que apela al (mayor o menor) “valor” o “potencia” de las características – ocurren términos que juegan un papel análogo al que éste juega en la de Mendel – “pangén”, en la de de Vries, “Anlage”, en la de Correns, “factor”, en la de Bateson, y “factor” o “gen” en la de Morgan –, ya nos hemos encargado de subrayar la distinta naturaleza de las entidades a las que refieren dichos términos. Además, también fue señalada otra diferencia, a saber: que mientras que en Mendel “la ley” que propone “sobre la formación y el desarrollo/evolución de los híbridos”, que viene formulada como una distribución de las características de los individuos progenitores en la descendencia, es fundamentada y explicada por la naturaleza y comportamiento (“constitución y agrupamiento”) de los elementos, en los autores posteriores la regla o ley (o leyes) que proponen (y que relacionan con Mendel) está por lo general formulada en términos de esas entidades semejantes, aunque claramente distintas, a los elementos de Mendel, y no son ellas las que requieren fundamentación y explicación, sino que ellas mismas son las que explican el comportamiento de las características poseídas por los individuos (su distribución, dada mediante frecuencias relativas, en la descendencia), gracias a la relación que guardan con las características las entidades que postulan y al modo en que éstas se distribuyen en la descendencia.

Si representáramos los marcos conceptuales de las teorizaciones desarrolladas por los autores mencionados más arriba mediante estructuras de cierto tipo, digamos X , obtendríamos lo siguiente. Para el caso de de Vries, y en la medida en que vayamos más allá del plano no-teórico (o “empírico”), estructuras del tipo $\langle J, P, PAN, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$, en donde J, P, APP, MAT y $DIST$, reciben la interpretación ya dada, y PAN se debe interpretar como un conjunto de *pangenes*, DET , como una *función que asigna características a los pangenes* y $COMB$, como una *función que representa la transición de pangenes paternos a pangenes en la descendencia*.

En relación con Correns, las estructuras que representan su marco conceptual son del siguiente tipo: $\langle J, P, ANL, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$, donde J, P, APP, MAT y $DIST$ se interpretan del modo ya indicado, en tanto que ANL se debe interpretar como un conjunto de *Anlagen*, DET , como una *función que asigna características a pares de Anlagen* y $COMB$, como una *función que representa la transición de Anlagen paternos a Anlagen en la descendencia*.

Con respecto a Tschermak, y siempre y cuando sea susceptible de ser reconocido un cuerpo teórico estructurado, tendríamos estructuras del tipo siguiente: $\langle J, P, POT, APP, MAT, DIST, DET \rangle$, en las que J, P, APP, MAT y $DIST$ podrían interpretarse de la manera ya señalada (en tanto tengamos distribuciones precisas de las características de los individuos paternos en la descendencia), mientras que POT es una *relación que ordena las características según su mayor o menor valor o potencia* y DET es una *función que asigna características a características, dependiendo de su valor o potencia*.

Con relación al marco conceptual del “mendelismo” de Bateson, puede representarse mediante estructuras como la siguiente: $\langle J, P, F, APP, MAT, DIST, DET, COMB \rangle$, en donde J, P, APP, MAT y $DIST$ se interpretan del modo ya habitual, F , como un conjunto de *factores* que sólo poseen dos formas alternativas, dos “alelomorfos” – presencia y ausencia –, DET , como una *función que asigna características a pares de factores* y $COMB$, como una *función que representa la transición de factores paternos a factores en la descendencia*.

Por último, respecto de Morgan y la genética clásica, su marco conceptual se puede representar por medio de estructuras del siguiente tipo: $\langle J, P, G, APP, MAT, DIST, DET, COMB, h \rangle$, con J, P, APP, MAT y $DIST$ interpretadas de la manera usual, pero con G interpretada como un conjunto de *factores* o *genes* que pueden poseer distintas formas alternativas, aunque vengan dadas por pares en los individuos, llamadas “alelos”, DET , como una *función que asigna características a pares de factores* o *genes*, $COMB$, como una

función que representa la transición de factores o genes paternos a factores o genes en la descendencia, y *h* es una *función de mapa genético*, que representa los *factores o genes sobre una línea de números reales*, tales que *el orden y las distancias como aparecen en el material genético son representados homomórficamente por el orden y las distancias de los números* que están por ellos.

Todas estas estructuras constituyen extensiones teóricas de aquellas que permiten la representación de los sistemas a los cuales las respectivas teorías pretenden aplicarse, caracterizable mediante las estructuras del tipo $y = \langle J, P, APP, MAT, DIST \rangle$, o, lo que es lo mismo, estas estructuras se obtienen a partir de aquéllas si les “recortamos” los componentes teóricos, es decir, son subestructuras de ellas. Todas las teorizaciones presentadas, incluida la de Mendel, entonces, tienen *los mismos conceptos no-teóricos* y, con la eventual salvedad ya comentada de Tschermak, *la misma “metodología”* (los mismos métodos de determinación de la extensión de dichos conceptos y así de los sistemas a los cuales pretenden aplicarse, es decir), *las mismas representaciones de las aplicaciones intencionales* (si bien éstas, consideradas en particular, no sean idénticas, aunque se solapen de modo tal que la intersección en la sucesión de ellas no sólo no es vacía, sino que hay algunas que son compartidas por todas las distintas teorizaciones) y aquello a lo que se supone ya se han aplicado las anteriores (las *aplicaciones* consideradas *exitosas*) es conservado y acrecentado en las teorizaciones posteriores.

Por otro lado, las teorizaciones presentadas poseen *diferentes conceptos teóricos* y, de esta manera, *diferentes marcos conceptuales* (aunque, con excepción eventualmente de la de Morgan, las estructuras que los representan posean el mismo tipo lógico). En la medida en que los distintos conceptos teóricos aparecen, éstos juegan el mismo papel en las diferentes teorizaciones, a saber: dar cuenta o explicar los sistemas empíricos conceptualizados mediante los conceptos que comparten con aquéllos presentes en Mendel, haciéndolo, además, de la misma manera: la ampliación de los sistemas empíricos mediante tales conceptos es tal que las frecuencias relativas de características en la descendencia concuerda, aproximadamente, con las probabilidades postuladas de distribución de los componentes teóricos, dadas ciertas relaciones, igualmente postuladas, entre las características y dichos componentes.

Esto que acabamos de enunciar puede ser considerada la aserción empírica asociada con la *forma general de una ley altamente esquemática compartida* por todas las teorizaciones presentadas. No obstante, a pesar de tal señalamiento, dichas teorizaciones *difieren* entre sí *respecto de las leyes* en tres as-

pectos importantes: 1) cuáles son los *componentes teóricos* que se postulan para dar cuenta de las frecuencias relativas de las características (los sistemas “empíricos”), y así en 2) la *forma particular* que adopta dicha ley esquemática, y 3) el modo en que formulan *leyes más específicas*, tales como las que le adjudican a Mendel. Por otro lado, siendo los componentes teóricos distintos en las diferentes teorizaciones analizadas, y debido a que los métodos de determinación de la extensión dichos conceptos teóricos vienen dados fundamentalmente por (el uso esencial de) la(s) (forma(s) particular(es) adoptada(s) por la(s)) ley(es) fundamental(es)²², debería ser considerada igualmente *distinta esta parte “metodológica”* (la parte correspondiente a los componentes teóricos).

8 CONSIDERACIONES FINALES

El análisis presentado, basado en las condiciones propuestas para la individuación de teorías, aun cuando incompleto (ya que no fueron incluidas en nuestro tratamiento las relaciones interteóricas), posibilita capturar y precisar la idea de que entre las sucesivas teorizaciones desarrolladas a lo largo de aquello que se presenta como perteneciente a la historia de la genética clásica ni las continuidades son tan grandes, como para poder analizar de manera plausible estos episodios como casos de cambio *intrateórico*, ni lo son las discontinuidades, como para que resulte satisfactorio el análisis en términos de cambio *interteórico* completo y radical, en ninguno de los niveles: conceptual, metodológico y aplicativo. Más bien, en la historia de la genética constatamos tanto continuidades como discontinuidades y rupturas, claramente identificadas, aprehendidas y especificadas con el instrumental de análisis propuesto. Así, vimos cómo la filosofía de la ciencia, en particular la filosofía *diacrónica* de la ciencia, puede ayudar a comprender mejor a la historia de la ciencia, aun cuando sea en un nivel *cinemático*²³. Un análisis similar de otros episodios pertenecientes a la historia de la ciencia ya fue realizado utilizando las mismas herramientas analítico-

²² En estas teorizaciones, y de manera peculiar, también juegan un papel importante en dicha determinación las relaciones esenciales (los llamados “vínculos interteóricos”) que éstas guardan con otras teorías y que en este trabajo, como ya anticipáramos, dejaremos de lado.

²³ Cualquier análisis de las causas, razones, motivos o factores de los cambios, e.e. cualquier análisis dinámico que quiera realizarse de este episodio, deberá presuponer, por otro lado, el análisis cinemático aquí presentado.

conceptuales aquí presentadas y empleadas (en Moulines, 1975 de la mecánica clásica de partículas, en Moulines, 1979 de la termodinámica del equilibrio simple, en Bartelborth, 1988 de la electrodinámica y en Gähde, 1992 del utilitarismo). Esperamos con este trabajo haber motivado a otros para que continúen emprendiendo tal tipo de análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALZER, Wolfgang; DAWE, Christopher M. *Models for genetics*. München: Institut für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, 1990.
- BALZER, Wolfgang; LORENZANO, Pablo. The logical structure of classical genetics. *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie* **31**: 243-266, 2000.
- BALZER, Wolfgang; MOULINES, C. Ulises; SNEED, Joseph D. *An architecture for science. The structuralist program*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- BARTELBORTH, Thomas. *Eine logische Rekonstruktion der klassischen Elektrodynamik*. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1988.
- BATESON, William. *Materials for the study of variation, treated with special regard to discontinuity in the origin of species*. London: Macmillan and Co., 1894.
- . *Mendel's principles of heredity. A defence*. Cambridge: Cambridge University Press, 1902.
- . Letter to Adam Sedgwick from 18.4.1905, 1905. P. 93, *en*:
- BATESON, Beatrice. *William Bateson, F.R.S., naturalist. His essays & addresses together with a short account of his life*. Cambridge: Cambridge University Press, 1928.
- . A text book of genetics. Review of J.P. Lotsy's *Vorlesungen über Deszendenztheorien*, 1 Theil, Jena, 1906. *Nature* **74**: 146-147, 1906.
- . *Mendel's principles of heredity*. 1ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1909.
- BATESON, William; PUNNETT, Reginald Crundall. A suggestion as to the nature of the 'walnut' comb in fowls. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* **13**: 165-168, 1905.
- . On gametic series involving reduplication of certain terms. *Journal of Genetics* **1**: 293-302, 1911 (a).
- . On the Interrelations of Genetic Factors. *Proceedings of the Royal Society B* **84**: 3-8, 1911 (b).
- BATESON, William; SAUNDERS, Edith Rebecca; PUNNETT, Reginald Crundall. Further Experiments on inheritance in sweet peas and stocks: preliminary account. *Proceedings of the Royal Society B* **77**: 236-238, 1905.

- COLEMAN, William. Bateson and chromosomes: conservative thought in science. *Centaurus* **15**: 228-314, 1970.
- CORRENS, Carl. G. Mendels Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* **18**: 158-168, 1900 (a).
- . Gregor Mendel's 'Versuche über Pflanzen-Hybriden' und die Bestätigung ihrer Ergebnisse durch die neuesten Untersuchungen. *Botanische Zeitung* **58**: 229-235, 1900 (b).
- DÍEZ, José Antonio; LORENZANO, Pablo. La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX. Pp. 13-78, *en*: DÍEZ, José Antonio; LORENZANO, Pablo (eds.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmas; Universidad Autónoma de Zacatecas; Universidad Rovira i Virgili, 2002.
- DÍEZ, José Antonio; Moulines, C. Ulises. *Fundamentos de filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel, 1997.
- GÄHDE, Ulrich. Zum Wandel des Nutzenbegriffs im klassischen Utilitarismus. Pp. 83-110, *in*: GÄHDE, Ulrich (Hrsg.). *Der klassische Utilitarismus: Einflüsse, Entwicklungen, Folgen*. Berlin: Akademie Verlag, 1992.
- HEMPEL, Carl Gustav. *Philosophy of natural science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1966.
- JOHANNSEN, Wilhelm. *Elemente der exakten Erblchkeitslehre*. Jena: Gustav Fischer, 1909.
- . The genotype conception of heredity. *American Naturalist* **45**: 129-159, 1911.
- LORENZANO, Pablo. *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik*. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1995.
- . Hacia una nueva interpretación de la obra de Mendel. Pp. 220-231, *en*: MOREY, Patricia; AHUMADA, José (eds.). *Selección de trabajos de las VII Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*. Córdoba: Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba, 1997.
- . Acerca del 'redescubrimiento' de Mendel por Hugo de Vries. *Epistemología e Historia de la Ciencia* **4**: 219-229, 1998.
- . Carl Correns y el 'redescubrimiento' de Mendel. *Epistemología e Historia de la Ciencia* **5**: 265-272, 1999.
- . Classical genetics and the theory-net of genetics. Pp. 251-284, *en*: BALZER, Wolfgang; MOULINES, C. Ulises; SNEED, Joseph D.

- (eds.). *Structuralist knowledge representation: paradigmatic examples*. Amsterdam: Rodopi, 2000 (a).
- . Erich Tschermak: supuesto ‘redescubridor’ de Mendel. *Epistemología e Historia de la Ciencia* **6**: 251-258, 2000 (b).
- . La teoría del gen y la red teórica de la genética. Pp. 285-330, *en*: DÍEZ, José Antonio; LORENZANO, Pablo (eds.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmas; Universidad Autónoma de Zacatecas; Universidad Rovira i Virgili, 2002 (a).
- . Max Wichura, Gregor Mendel y los híbridos de sauce. *Epistemología e Historia de la Ciencia* **8**: 210-217, 2002 (b).
- . An analysis of the work of Joseph Gottlieb Kölreuter and its relation to Gregor Mendel’s work. Pp. 1147-1158, *en*: SALDAÑA, Juan José (ed.). *Science and cultural diversity*. México: Universidad Nacional Autónoma de México; Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, 2005.
- . La emergencia de un programa de investigación en genética. Pp. 333-360, *en*: LORENZANO, Pablo; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; REGNER, Anna Carolina (eds.). *Ciências da vida: estudos filosóficos e históricos*. Campinas: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), 2006.
- MENDEL, Gregor. Versuche über Pflanzen-Hybriden. *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins zu Brünn* **4**: 3-57, 1865; reimpresso en *Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften*, Nr. 6, Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1970.
- . Über einige aus künstlicher Befruchtung gewonnenen *Hieracium*-Bastarde. *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins zu Brünn* **8**: 26-31, 1869.
- MORGAN, Thomas Hunt. Origin of nine wing mutations in *Drosophila*. *Science* **33**: 496-499, 1911.
- . *Heredity and sex*. New York: Columbia University Press, 1913.
- . *The physical basis of heredity*. Philadelphia: Lippincott, 1919.
- . *The theory of gene*. New Haven: Yale University Press, 1926.
- MORGAN, Thomas Hunt; STURTEVANT, Alfred Henry; MULLER, Hermann Joseph; BRIDGES, Calvin Blackman. *The mechanism of Mendelian heredity*. New York: Henry Holt and Company, 1915.
- MOULINES, C. Ulises. A logical reconstruction of simple equilibrium thermodynamics. *Erkenntnis* **9**: 101-130, 1975.

- . Theory-nets and the evolution of theories: the example of Newtonian mechanics. *Synthese* **41**: 417-39, 1979.
- PUNNETT, Reginald Crundall. *Mendelism*. 2^a ed. Cambridge: Macmillan and Co, 1907.
- OLBY, Robert. William Bateson's introduction of Mendelism to England: A reassessment. *British Journal for the History of Science* **20**: 399-420, 1987.
- SAUSSURE, Ferdinand de. *Cours de linguistique générale*. Paris: Payot, 1916.
- TSCHERMAK, Erich. Über künstliche Kreuzung bei *Pisum sativum*. *Zeitschrift für das landwirtschaftliche Versuchswesen in Österreich* **3**: 465-555, 1900 (a).
- . Über künstliche Kreuzung bei *Pisum sativum*. *Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft* **18**: 232-239, 1900 (b).
- . Über künstliche Kreuzung bei *Pisum sativum*. *Biologisches Centralblatt* **20**: 593-595, 1900 (c).
- . Über die gesetzmässige Gestaltungsweise der Mischlinge. *Zeitschrift für das landwirtschaftliche Versuchswesen in Österreich* **5**: 781-860, 1902.
- VRIES, Hugo de. *Intracellulare pangensis*, Jena: Fischer, 1889; reimpresso en vol. 5, pp. 1-149, in: VRIES, Hugo de. *Opera e periodicis collata*. Utrecht: A. Oosthoek, 1918-1927. 7 vols.
- . Sur la loi de disjonction des hybrides. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* **130**: 845-847, 1900 (a).
- . Das Spaltungsgesetz der Bastarde (Vorläufige Mittheilung). *Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft* **18**: 83-90, 1900 (b).
- . Sur les unités des caractères spécifiques et leur application a l'étude des hybrides. *Revue Générale de Botanique* **12**: 257-271, 1900 (c).

A dor segundo o *De l'usage des passions* de Jean-François Senault (1641)

Paulo José Carvalho da Silva*

1 INTRODUÇÃO

O termo 'dor' designa, genericamente, uma sensação desagradável experimentada no corpo. Mas também um afeto penoso, sofrimento da alma. O mesmo vale para o termo francês *douleur*. Aliás, no século XVI, predominava a significação afetiva, mais próxima da idéia de miséria, infelicidade e luto do que de dor somática (Huguet, 1946, p. 260). Para os latinos, *dolor*, provável raiz tanto da palavra dor quanto de *douleur*, designava igualmente a dor do corpo e a dor moral, aflição, sofrimento, pesar (Gaffiot, 1934, p. 554).

Na tradição aristotélico-tomista essa ambigüidade do termo corresponde a um pressuposto fundamental para a compreensão do vivo de modo geral. Alma e corpo formam uma unidade. É por essa razão que, nos séculos XVI e XVII, a chamada ciência da alma tinha *status* privilegiado nos estudos filosóficos. Ela fundamentava os conhecimentos sobre o mundo natural e o corpo humano, além dos conhecimentos sobre a substância, potências, faculdades e movimentos da alma propriamente ditos. Por exemplo, os filósofos jesuítas, célebres defensores do pensamento aristotélico em plena primeira modernidade, produziram vários tratados sobre a alma em vista de dois amplos projetos: estabelecer os princípios de uma ciência da vida, e nesse sentido, o estudo da alma não funcionava apenas como os prolegômenos da filosofia moral e da teologia, mas era a base para o estudo de todos os seres vivos, e, por outro lado, demonstrar, atra-

* Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Rua Cajaríba, 15 ap. 304. Sumaré, São Paulo, SP, CEP 05025-000. E-mail: paulojcs@hotmail.com. Apoio FAPESP.

vés de argumentos racionais, a imaterialidade e a imortalidade da alma humana (Des Chene, 2000).

Já Descartes procura diferenciar dor e tristeza ao propor uma alternativa mecânica a várias funções antes atribuídas à alma (Rey, 2000, p. 92). A prova disso, inclusive, seria a capacidade humana de experimentar a dor com alegria. Entretanto, ele admite que a maioria dos homens não são capazes de distinguir a sensação dolorosa do afeto da tristeza. O artigo XCV do tratado *Les passions de l'âme* (1649) afirma que aquilo que nomeamos dor advém sempre de alguma ação violenta que ofende os nervos. O problema é que essa ação é representada como indicativa da fragilidade do corpo e de sua incapacidade de resistir, o que geraria a tristeza.

De modo particular, o tema dos movimentos ou acidentes da alma era considerado extremamente importante. A dor e outras paixões da alma encontram-se nessa categoria. Discorrer sobre as paixões da alma implica assumir uma dada noção de alma e de corpo e, com isso, de suas relações. Muitos filósofos dos séculos XVI e XVII afirmam que a paixão é um poderoso elemento da natureza humana, cujos efeitos podem ser devastadores, a menos que fosse governado, driblado, anulado ou seduzido (James, 1997). Muitos médicos do período também dedicaram parte de suas obras ao tema das paixões da alma já que as consideravam um dos aspectos fundamentais na definição da saúde e da doença e, inclusive, admitiam que alguns afetos em excesso podiam até mesmo matar (Silva, 2006a; *idem*, 2006b).

É nesse esforço de definir as paixões da alma, e também de orientar como lidar com as mesmas, que se insere o *De l'usage des passions*, publicado pela primeira vez em 1641, pelo teólogo oratoriano nascido em Antuérpia, mas educado em Douai e Paris, Jean-François Senault (*circa* 1599-1672), um dos mais célebres pregadores de seu século.

Esta pesquisa objetiva analisar a definição de dor defendida por Senault em 1641. Para tanto, em primeiro lugar, examinamos o próprio pensamento do autor e, posteriormente, investigamos a tradição cultural em que a sua obra se fundamenta e como ela dialoga com os saberes sobre a dor e as paixões da alma em vigor naquele período.

2 A DOR ENQUANTO SENSAÇÃO E AFETO

O *De l'usage des passions* é dividido em duas partes. A primeira aborda as paixões em geral. Nela, o autor propõe explicações para a sua natureza, o problema da desordem das mesmas, a importância de sua moderação, a

possibilidade de serem fonte tanto da virtude como do vício e, finalmente, o aproveitamento das paixões nas relações humanas. A segunda parte trata das paixões em particular. Há um tratado para cada par de paixões opostas, e que, portanto, tem a capacidade de temperar-se mutuamente: o amor e o ódio; o desejo e a fuga; a esperança e o desespero; a audácia e o medo; o prazer e a dor. A única exceção é feita à cólera que figura sozinha, por ser a única paixão que não tem contrário. Nessa segunda parte, Senault define a natureza, as propriedades e os efeitos de cada paixão, para, em seguida, mostrar o mau e o bom uso da mesma.

A sua definição e a idéia de uso da paixão estão em acordo com a teoria aristotélico-tomista. Senault afirma, em sintonia com o pensamento de Tomás de Aquino (1225-1274), que a paixão é um movimento do apetite sensitivo, causado pela imaginação de um bem ou mal, aparente ou verdadeiro, que modifica o corpo contra as leis da natureza. Trata-se de um movimento natural necessário, que nasce do fato de que a alma esteja engajada na matéria.

O caso da dor é particularmente expressivo da concepção de que as paixões da alma resultam dessa união entre alma e corpo. Mesmo porque é da dor enquanto sensação e afeto que Senault trata no *De l'usage des passions*, ou seja, uma experiência que implica o indivíduo como um todo. Nele, a proximidade entre a dor corpórea e a dor da alma é dada como tão certa e evidente que as considerações apresentadas chegam a distingui-las, mas jamais a dissociá-las.

Suas considerações são feitas em comparação a outras paixões e sobretudo ao prazer. Dentre todas, a dor é a mais incômoda e comum das paixões. A dor pode ser sentida por todas as partes do corpo, enquanto que apenas uma pequena parte pode sentir prazer, o contrário da dor por definição. As penas se juntam para afligir. Os prazeres competem entre si, e como se eles tivessem ciúmes da felicidade, eles destroem uns aos outros. O corpo é o teatro de seus combates: o ser humano nunca é mais infeliz do que quando está dividido entre seus prazeres.

As dores duram muito tempo. Ao contrário, os prazeres são momentâneos, especialmente os prazeres do corpo. E quando se quer prolongá-los por meio de algum artifício, eles nos causam tormentos e tédio.

As dores aparecem sem serem procuradas. Os prazeres exigem esforços para serem obtidos e muitas vezes temos que pagar um preço muito mais caro do que eles realmente valem.

As dores podem ser puras e elas nos atacam tão vivamente que elas nos tornam incapazes de consolação. Mas os prazeres são jamais sem mistura

de dor. Pelo contrário, eles são sempre embebidos no amargor.

Acima de tudo, a dor é mais intensa e se faz perceber mais facilmente do que o prazer. Uma leve enfermidade perturba nossos mais sólidos contentamentos. Ele exemplifica: “[...] uma febre é capaz de fazer os conquistadores perderem as lembranças de suas vitórias e apagar de suas mentes toda a pompa de seus triunfos” (Senault [1641], 1987, pp. 332-333).

Citando a autoridade de Aristóteles, Senault também argumenta que a dor é a paixão que causa mais alterações em nossa alma. É real:

Os desejos e as esperanças são enganadores como os sonhos. O amor e o ódio são os divertimentos das almas inúteis. O medo é apenas uma sombra, mesmo que seus efeitos sejam reais, independentemente de uma causa imaginária. A audácia e a cólera criam os próprios monstros que pretendem destruir; não se deve admirar que elas partam tão facilmente ao combate, pois a fragilidade de seus inimigos lhes assegura a vitória. Mas a dor é um mal real, que ataca a alma e o corpo como um todo e abre duas feridas com o mesmo golpe. (Senault [1641], 1987, p. 333)

Senault admite que haja tristezas que ferem apenas a alma e que fazem seus esforços exclusivamente contra a parte mais nobre do homem. A verdadeira tristeza é um desprazer que se forma na parte inferior de nossa alma com a visão de objetos que são desagradáveis. Entretanto, ele afirma que as dores violentas descem ao corpo e, por um secreto contágio, as penas da Senhora, isto é, a alma, tornam-se as enfermidades de seu Escravo, isto é, o corpo. O que é, na realidade, uma idéia de inspiração platônica.

Os efeitos dessa paixão tão melancólica são muito estranhos. A dor medíocre dá palavras para aumentar o desprazer. A dor extrema interdita o uso dos sentidos, seca as lágrimas e torna as pessoas estúpidas. A dor longa causa desgosto pela vida e até mesmo a separação da alma e o corpo. Ora, é muito difícil que um miserável ame a vida plena de dores e que a alma tenha grande apego por um corpo que desafie continuamente sua paciência.

Uma dor violenta separa a alma do corpo e causa a morte. A alegria e a tristeza extrema matam. A alegria dilata o coração, que se abre para receber o bem presente e o sorve com tanta avidez ao ponto de sucumbir à grandeza do prazer e encontrar a morte em meio a felicidade. Na tristeza, o coração se contrai tentando fechar as portas a um mal que o ameaça e acaba fazendo nascer uma dor que aumenta a pena e apressa a morte.

Contudo, a dor, como todas as outras paixões, pode ter um bom e um mau uso. Os usos ou experiências da dor considerados lamentáveis são as susceptibilidades, a covardia e o desejo de supérfluo que podem acompanhar seus tormentos. A dor escrava da vontade, a exposição do sofrimento e a inveja também deveriam ser combatidas.

Por outro lado, o bom uso ou finalidade providencial da dor consistiria na penitência, no arrependimento e no remorso, sentimentos edificantes e que colaborariam para a salvação da alma. Mas não apenas, conforme Senault, a dor também engendraria a piedade e a compaixão pela dor do outro. O que teria a finalidade de temperar o amor próprio e alertar para o sofrimento do semelhante.

3 A HERANÇA TOMISTA

Senault, no *De l'usage des passions*, mantém o essencial da definição de paixões da alma da psicologia aristotélico-tomista, sobretudo sobre a natureza e a dinâmica de seu movimento (Talon-Hugon, 2002). O que também se verifica em sua concepção de dor. Entretanto, ele o faz de modo a conjugar outras influências e adaptá-las a novas exigências teóricas.

O pensamento de Agostinho (354-430) também é uma referência importante para Senault (Simon, 2003). Ele o cita ao longo de todo o seu tratado. Acima de tudo, Senault parece desenvolver as conseqüências do reconhecimento agostiniano do valor moral das paixões da alma. Isso se manifesta claramente na afirmação que as paixões, além de inevitáveis, podem ser úteis, quando moderadas. Essa concepção de paixão, porém, foi sistematizada por Tomás de Aquino (1225-1274) na *Suma Teológica*, que enfatiza as paixões serem moralmente boas ou más apenas quando caem sob o império da razão e da vontade, ou seja, havendo escolha deliberada. Devidamente ordenadas pela razão, elas auxiliam a virtude.

Em consonância com a filosofia aristotélica, sobretudo o *De anima*, Tomás reafirma, no *Comentário ao tratado sobre a alma de Aristóteles*, em primeiro lugar, que a alma é aquilo que é comum a todos os seres animados. Ele reitera ainda a concepção aristotélica segundo a qual a alma é substância enquanto espécie de um corpo natural possuindo a vida em potência; sendo a substância ato, a alma é o ato do corpo. O pensador retoma também a idéia aristotélica de paixões, o que inclui a noção de que se tratam de afeições próprias à união entre corpo e alma e que simultaneamente à paixão, mansidão, medo, compaixão, coragem, alegria, amor e ódio, o corpo sofre algum tipo de alteração.

Em particular, Tomás dedica as questões XXXV à XXXIX da *Suma teológica* à discussão da definição da tristeza ou dor em si mesmas, das causas, dos efeitos, dos remédios e, finalmente, bondade e malícia das mesmas. Logo de início, ele define a dor como paixão da alma, por ser um movimento do apetite sensitivo causado pela apreensão do objeto.

Tanto o prazer como a dor podem ser causados pelos chamados sentidos exteriores ou interiores, como a imaginação ou inteligência. Como a apreensão interna tem maior extensão que a externa, pois tudo que entra no domínio desta entra também na daquela, mas não inversamente, só o prazer causado pela apreensão interna é chamado de alegria e a dor causada pela apreensão interna é chamada tristeza.

É verdade, porém, que o vocábulo dor é mais usado para exprimir as dores corporais do que para exprimir as dores espirituais (*doloribus spiritualibus*). A dor corpórea só pode se referir ao presente, pois advém do sentido externo, mas a tristeza pode se referir ao pretérito, presente e futuro. Ou seja, em aceção comum, a dor vem a ser um gênero da tristeza (*genus tristitiæ*).

A dor interna tem preeminência, pois a sua causa age diretamente, sem a intermediação do corpo, como é o caso da dor externa. Soma-se a isso o fato de que a apreensão racional e imaginativa é mais elevada do que a do sentido do tato. Por onde, em si mesma, a dor interna é mais forte do que a externa. A prova é que aceitamos voluntariamente as dores externas para evitarmos as dores internas. “Às vezes, porém a dor externa é acompanhada da interna, e então a dor aumenta. Pois a interna é não só maior do que a externa, mas também mais universal” (Tomás, 1954, pp. 466-467).

Tomás afirma que todas as potências da alma radicam na essência una e por essa razão quando a intenção da alma é levada veementemente à operação de uma potência, as outras potências retraem-se. Por isso é que se a dor for intensa, o que exige grande esforço para repelir o que é contrário, não é possível aprender nada de novo, o que exigiria estudo e esforço. Ou mesmo atrapalha a contemplação, que depende de repouso. Mas a tristeza moderada pode ser útil para adquirirmos a ciência, sobretudo aquela que diz respeito à superação da tristeza.

Além disso, a própria tristeza pode privar da razão, como se vê claramente nos que se tornam maníacos ou melancólicos por causa da dor.

Tomás também admite que o tratamento do corpo pode aliviar a tristeza. O que é coerente com a idéia de que a tristeza repugna ao movimento vital do corpo. Assim, ele também explica que aquilo que restitui a natureza corpórea ao estado devido da noção vital combate a tristeza. É o caso

específico do banho e do sono. Na medida em que fazem a natureza recobrir o estado devido, são causa do prazer, pois esse refazer-se da natureza é constitutivo do próprio prazer.

Por outro lado, Senault parece não concordar com Tomás quando esse afirma que a contemplação da verdade, enquanto verdadeiro objeto do prazer, tem o poder, por excelência, de mitigar a tristeza ou a dor. O que explicaria porque os mártires suportam as torturas e turbulências, alegrando-se com a contemplação das coisas divinas e felicidades futuras. Segundo o tomismo, nas potências da alma dá-se a redundância da superior para a inferior. E sendo assim, o prazer da contemplação, pertencente à parte superior, redundando na mitigação mesmo da dor sensível.

Segundo Senault, a alegria dos mártires é resultado de um milagre: quando sentem algum prazer em meio aos suplícios é porque a graça transforma a alma em brisa, faz a alma não sentir as dores do corpo. A alma não pode ser feliz em um corpo miserável. Alma e corpo se amam demais e esse amor constrange a alma a experimentar a tristeza pelas penas que o corpo sofre. Ela sente compaixão, ela se aflige pelo pensamento, ela se preocupa com as enfermidades. Após ter sofrido com o corpo, ela se entristece com a imaginação e faz um duplo martírio de uma simples dor.

Podemos pensar que Senault insiste nesse ponto muito provavelmente para refutar o ideal estoico de impassibilidade do sábio e o dualismo que esse ideal pode sugerir.

4 DOR: ERRO DO JULGAMENTO OU PAIXÃO REAL?

Conforme Senault: “as correntes que atam corpo e alma são tão estreitas que todos os seus bens e males são comuns” (Senault [1641], 1987, p. 333). Por essa razão, uma alma contente cura seu corpo, um corpo doente aflige sua alma.

Senault opõe-se, assim, ao pressuposto de uma diferença substancial entre alma e corpo. O que tem conseqüências diretas no entendimento da dor. Ele revisita, no fundo, um debate antigo. Para Platão, é por causa do corpo que há dor. Inclusive na alma, que se encontra presa ao mesmo. Nesse sentido, a dor é um mal que leva para a via do erro. Ela é a manifestação de uma ruptura do equilíbrio do ser ao desviar a alma para o que há de finito e corruptível no humano, seu corpo. Assim, o tratamento da dor, concebido como ruptura de um equilíbrio, exige, na ascese, a realização de uma outra ruptura: o divórcio entre alma e corpo. Por outro lado, Aristóteles, ao pensar a alma como forma do corpo, afirma que qualquer divórcio

entre ambos é impraticável. Na *Ética a Nicômacos*, ele critica a rigidez daqueles que afirmam que a boa alma é capaz de ignorar os tormentos do corpo: “Quem diz que a vítima num aparelho de tortura, ou uma pessoa que se debate em meio aos maiores infortúnios é feliz se for boa, intencionalmente ou não está falando um disparate” (Aristóteles, 1153b, 1992, p. 149).

Essa concepção de alma da tradição aristotélica choca-se com alguns princípios da doutrina estoica das paixões. Senault, a esse propósito, faz uma crítica declarada. Ele argumenta que a filosofia estoica pretende separar duas partes que compõem o mesmo todo. Ao proibir aos discípulos as lágrimas, ela pede que se rompa a mais santa de todas as amizades. Ela exige que a alma seja insensível às dores do corpo e enquanto esse queima no meio das chamas, a alma se eleve ao céu para contemplar as belezas da virtude ou as maravilhas da natureza. Para ele, essa filosofia teve alguns admiradores, mas nunca verdadeiros discípulos, pois a união entre o corpo e a alma é muito estreita: “a alma necessita lamentar-se pela boca, chorar com os olhos e suspirar com o coração” (Senault [1641], 1987, p. 334).

Aliás, vale lembrar que Agostinho já havia declarado, em *A cidade de Deus*, que ausência de afetos e de perturbações do corpo e da alma, na vida temporal, tal como queriam os filósofos estoicos, é perda de humanidade. Posição que seria reiterada por Tomás, na *Suma teológica*.

Por sua vez, os filósofos estoicos consideravam a paixão um mal a ser erradicado na busca da sabedoria, uma vez que suas turbulências eram entendidas como uma alteração da parte diretiva da alma (Voelke, 1993).

Sêneca (4 a.C.-65 d.C.), herdeiro do antigo estoicismo, muito citado no início da modernidade, também recomenda, no *De tranquillitate animi*, restringir os desejos, ser indiferente aos acontecimentos, evitar as agitações estereis, não se fixar nos pensamentos tristes, a fim de manter a serenidade da alma. Fato curioso é que Senault cita, várias vezes, diferentes obras de Sêneca em sua caracterização da dor.

Acontece que a França da época de Senault foi solo fértil para uma renovação da corrente filosófica estoica, muito embora a edição de textos antigos e a produção de comentários exigiu um trabalho de adaptação das idéias e gerou muitas polêmicas (Moreau, 1999, p. 17).

O debate se daria provavelmente com contemporâneos. Guillaume Du Vair (1556-1621), político e moralista, preconizava um estoicismo cristianizado, que reconhece a importância da humildade cristã, mas que não deixa de fazer o elogio do sábio que busca na razão a saída para a dor, ou ainda, que sustenta ser a tristeza contra a razão e a natureza.

Esse exemplo de atualização da postura estoica perante a dor pode ser

encontrado logo na entrada de seu *Traité de la constance et de la consolation és calamités publiques*, de 1590. A verdadeira dor, em suas palavras: “é viva, ela é perturbadora, ela nos assalta, nos surpreende, nos toma e nos oprime tanto que ficamos sem como nos ajudar” (Du Vair, 1594, p. 3). Essa arranca os suspiros de dentro, e sendo dor justa é natural, portanto, derramar lágrimas. Entretanto, não se deve fazê-lo em nome de qualquer pretensa dor.

Para Du Vair, a tristeza é uma enfermidade causada por um erro de julgamento. Ela arruína, entorpece, e desvia a virtude para se opor à suposta ameaça além de nos oprimir e, sobretudo, introduzir “em nosso coração a causa de nossa dor” (Du Vair, 1594, p.15). Trata-se, porém de danos causados por um engano, um erro criado pela falsa opinião. A tristeza, como toda paixão, não se apóia na natureza e se opõe à razão e à verdade. Também não é uma afecção comum a todos os homens, pois não os toca da mesma forma. Du Vair lembra que as mesmas coisas podem entristecer uns e alegrar outros.

Senault, por sua vez, pensa que não é tão simples corrigir a paixão da dor dessa forma porque a própria alma tem compaixão pelo corpo. As dores não podem ferí-la na substância, mas na sua casa.

Esse pressuposto de uma estreita comunicação entre as qualidades e acidentes do corpo e da alma também animava discussões no meio médico desde a Antigüidade, o que teve desdobramentos na cultura médica francesa da época de Senault (Silva, 2006b). André du Laurens, médico do rei Henrique IV e professor da Escola de Medicina de Montpellier, admite não apenas que as condições do corpo alteram os estados afetivos, mas também que as paixões da alma têm o poder de corromper a saúde corpórea. Ele, inclusive, argumenta que se vê muitas doenças aparecerem e serem curadas pela imaginação ou ainda menciona os casos de pessoas que teriam morrido devido a uma extrema alegria. O que ele explica por meio da supremacia da alma sobre o corpo, como previa a filosofia platônica. Em suas palavras, “a alma, tendo um poder soberano e comandando de modo absoluto o corpo, o move, altera e modifica como bem quiser” (Laurens, 1630, f. 201).

Outro importante médico francês do período, Nicolas Abraham, Sieur de la Framboisière (1600), defende igualmente que as paixões da alma podem ser bem empregadas em favor da saúde. Além de afirmar que a cólera pode ser de bom proveito aos fleumáticos (de qualidade fria e úmida) porque esquenta o sangue e restabelece o calor natural. O que, vale lembrar, Senault também prescreve. O médico escreve que a tristeza, embora não

agrida tanto os que estão em boa forma, é prejudicial às pessoas enfraquecidas e, sobretudo, que, entre todas as paixões, a mais saudável é a alegria, por dar contentamento à alma e ao corpo.

Pode-se, portanto, concluir que a noção de dor no *De l'usage des passions*, de enorme sucesso no século XVII e pouco estudado na atualidade, resulta de uma síntese de antigas idéias sobre as paixões, reavaliadas conforme os debates de seu tempo. Se, por um lado, sua concepção estava profundamente enraizada em antigas tradições filosóficas e comprometida com preocupações teológicas, por outro, representa uma das últimas tentativas pré-cartesianas de compreender o problema da dor sem cindir as noções de corpo e alma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO. *A Cidade de Deus. Contra os pagãos*. Tradução de O. P. Leme, Petrópolis; São Paulo: Vozes; Federação Agostiniana Brasileira, 1990-1992. 2 vols.
- ARISTÓTELES. *Ética a Nicômacos*. Tradução de M. G. Kury, Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1992.
- . *De anima*. Apresentação, tradução e notas de M. C. G. Reis. São Paulo: Editora 34, 2006.
- DESCARTES, René. *Les passions de l'âme*. Paris: Vrin, 1999.
- DES CHENE, Denis. *Life's form. Late Aristotelian conceptions of the soul*. Ithaca: Cornell University Press, 2000.
- DU VAIR, Gilhaume. *Traité de la constance et de la consolation és calamités publiques*. Paris: Mamert Patisson, 1594.
- GAFFIOT, Félix. *Dictionnaire latin-français*. Paris: Librairie Hachette, 1934.
- HUGUET, Etienne. *Dictionnaire de la langue du XVIe siècle*. Paris: Didier, 1946.
- JAMES, Susan. *Passion and action. The emotions in seventeenth-century philosophy*. Oxford: Clarendon Press, 1997.
- LA FRAMBOISIÈRE, Nicolas Abraham. *Le gouvernement necessaire a chacun pour vivre longement en santé. Dedié au Roy tres-chrestien de France et de Navarre, Henry IV. Par Nicolas Abraham, sieur de la Framboisiere, conseiller & medecin ordinaire de sa Majesté*. Paris: Michel Sonnius, 1600.
- LAURENS, André. *Discours de la conservation de la vue, des maladies melancholiques, des catarrhes, & de la vieillesse*. Rouen: Lovys Laudet, 1630.
- MOREAU, Pierre-François. *Le stoïcisme au XVIe et au XVIIe siècle. Les retour des philosophes antiques à l'age classique*. Tome I. Paris: Albin Michel, 1999.

- REY, Roselyne. *Histoire de la douleur*. Paris: La Découverte, 2000.
- SENAULT, Jean-François. *De l'usage des passions*. Paris: Fayard, 1987.
- SÊNECA. *Les Stoïciens II*. Tradução de E. Bréhier, Paris: Gallimard, 1962.
- SILVA, Paulo José Carvalho. Dor, prazer e conservação da vida em regimes de vida modernos. Pp. 271-278, *in*: PRESTES, Maria Elice Brzezinski; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; STEFANO, Waldir (Orgs.). *Filosofia e história da biologia 1*. São Paulo: Mack Pesquisa, 2006 a.
- . Saúde e conhecimento psicológico na França do século XVII. *Memorandum 10*: 33-44, 2006 b.
- SIMON, Séverine. L'influence de saint Augustin et la théorie des passions dans le Traité de l'usage des passions de Senault. Pp. 199-212, *in*: BESNIER, B.; MOREAU, P.-F.; REANULT, L. (eds.) *Les passions antiques et médiévales. Théories et critiques des passions I*. Paris: Léviathan; PUF, 2003.
- TALON-HUGON, Carole. *Les passions rêvées par la raison. Essai sur la théorie des passions de Descartes et de quelques-uns de ses contemporains*. Paris: Vrin, 2002.
- TOMÁS DE AQUINO. *Suma teológica*. Volume 12, I parte da II parte – Questões 18-48. Edição latina-portuguesa de A. Correia. São Paulo: Siqueira, 1954.
- . *Commentaire du Traité de l'âme d'Aristote*. Tradução de J.-M. Vernier, Paris: Vrin, 1999.
- VOELKE, André-Jean. *La philosophie comme thérapie de l'âme. Études de philosophie hellénistique*. Paris; Fribourg: Cerf; Éditions Universitaires de Fribourg, 1993.

Uma leitura biológica do “De anima” de Aristóteles

Roberto de Andrade Martins*
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins **

1 INTRODUÇÃO

Uma das obras de Aristóteles (384-322 a.C.) é geralmente conhecida pelo seu nome em latim, *De anima* (*Peri psyches*, em grego). Em português, traduz-se o título como “Sobre a alma”. Nessa obra, Aristóteles define a alma ($\psi\upsilon\chi\eta$, *psyche*) como sendo “a primeira atualidade de um corpo natural que possui a vida em potência” (Aristóteles, *De anima*, II.1, 412^a27) ¹. Esse conceito é central nas obras em que Aristóteles estuda os seres vivos, como *Sobre as partes dos animais*, *Sobre a geração dos animais*, etc.

O tratado *De anima* possui três livros. O primeiro é uma revisão crítica das opiniões dos pensadores anteriores a respeito da alma. O segundo e o terceiro apresentam a teoria aristotélica da alma. Após discutir a definição de alma, a maior parte da obra é dedicada aos sentidos, ao movimento e às atividades mentais. O presente estudo se dedicará apenas ao conceito de *psyche*.

* Grupo de História e Teoria da Ciência, Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6059, 13083-970 Campinas, SP. E-mail: rmartins@ifi.unicamp.br

** Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência; Departamento de Física, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Grupo de História e Teoria da Ciência, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6059, 13083-970 Campinas, SP. E-mail: lacpm@uol.com.br

¹ As referências às obras de Aristóteles, neste artigo, indicam o título tradicionalmente utilizado para a obra, em latim; livro e capítulo; e a localização das linhas, de acordo com a edição de Bekker. As traduções do *De anima* utilizadas foram: Hammond, 1902, e as demais versões indicadas na lista bibliográfica. Para as demais obras de Aristóteles citadas aqui, ver Barnes, 1984.

Para compreender o conceito de “alma” de Aristóteles, normalmente os filósofos decompõem a definição e tentam esclarecer seu significado a partir da *Metafísica* aristotélica. Estudam, então, os conceitos centrais que aparecem na definição, tais como corpo ($\sigma\omega\mu\alpha$), atualidade ($\epsilon\nu\tau\epsilon\lambda\epsilon\chi\epsilon\iota\alpha$) e potencialidade ($\delta\upsilon\nu\omicron\mu\epsilon\iota$)².

Nota-se, de forma evidente, que a definição aristotélica é extremamente complexa e que tem uma base filosófica profunda. No entanto, é pouco plausível que Aristóteles, a partir de uma metafísica abstrata, inventasse arbitrariamente uma definição de “alma” e depois desenvolvesse todo o seu estudo dos seres vivos de modo a se adaptar a essa definição.

Aceita-se geralmente que o tratado *De anima* é uma obra madura de Aristóteles, posterior aos seus estudos de história natural (Nuyens, 1948, pp. 215-216; Hamlyn, em Aristotle, 1993, p. xvi)³. Além disso, logo no início do *De anima* o autor esclarece que o estudo da alma será uma contribuição para o estudo da *natureza* (Aristóteles, *De anima* I.1, 402^a7), afirmando que cabe aos *físicos* (ou seja, aqueles que estudam a natureza) estudar o princípio das coisas vivas (Rorty, 1992, p. 7; Lloyd, 1992, p. 147).

Se tal é o caso, torna-se plausível que a definição de “alma” encontrada nesse tratado não foi um ponto de partida, não foi algo que brotou do nada na mente de Aristóteles, e sim uma fórmula sintética encontrada por Aristóteles, para fixar um conceito que fora elaborado gradualmente em outros estudos sobre a natureza. Nesse caso, o estudo dessas obras anteriores pode permitir compreender importantes aspectos desse conceito, de seu efetivo papel na obra de Aristóteles, que uma análise puramente conceitual não poderia esclarecer.

Assim, o objetivo deste trabalho é estudar alguns aspectos do tratado aristotélico *Sobre a alma*, sob o ponto de vista de suas relações com o pensamento de Aristóteles a respeito dos seres vivos (ou seja, com um enfoque biológico), abordando apenas de forma secundária alguns dos aspectos mais abstratos (metafísicos) de sua definição⁴.

² Um exemplo clássico dessa abordagem é o livro de Chaignet, 1883.

³ Há, no entanto, controvérsias em relação a este ponto (Guthrie, 1981, pp. 277-279).

⁴ Portanto, o presente trabalho apresenta uma abordagem específica da obra de Aristóteles. Outras visões são também possíveis, e outros autores que tenham preocupações metafísicas, filosóficas, psicológicas, éticas ou de qualquer outro tipo lerão o *De anima* com outros olhos (Rorty, 1992, p. 12).

Faremos também uma comparação entre as idéias de Aristóteles e as de alguns de seus predecessores, de Homero até Platão.

2 CARACTERÍSTICAS DOS SERES VIVOS

Para Aristóteles, a alma está diretamente ligada à vida: “Aquilo que possui alma se distingue daquilo que não possui alma pela vida” (Aristóteles, *De anima* II.2, 413^a22-23). Aquilo que tem vida tem alma, e vice-versa⁵.

Mas o que é a vida? O que nos permite identificar se uma coisa é viva ou não? Para procurar a natureza da vida, Aristóteles se concentrou nas *funções vitais* dos vários tipos de seres.

Um animal superior é capaz de se mover, de sentir, de recordar-se, de alimentar-se, de respirar, de reproduzir-se... Tem, enfim, muitas características bem conhecidas. Porém, quais dessas funções são comuns a *todos* os seres vivos?

Os antecessores de Aristóteles haviam considerado que movimento e sensação eram as características básicas da alma. Por isso, muitos consideraram que a alma era a causa dos movimentos dos seres vivos. Havia também discussões sobre se ela era material ou imaterial, mortal ou imortal.

Aristóteles examinou em sua obra muitas teorias anteriores sobre a alma, e depois apresentou algumas objeções centrais. Afirmou que nenhuma delas levava em consideração todos os tipos de alma, que devem incluir não apenas os seres humanos, mas também todos os tipos de animais e plantas (Aristóteles, *De anima* I.5, 410^b16-26).

Já que as plantas são seres vivos e devem ter alma, não se pode associar a alma à sensação, nem ao pensamento; e como há plantas e animais imóveis, também não se pode associar a alma à locomoção.

Parece que o princípio encontrado nas plantas também é um tipo de alma, pois este é o único princípio que é comum tanto aos animais quanto às plantas; e ele existe isoladamente do princípio da sensação, embora não exista nada que possua o último sem possuir o primeiro. (Aristóteles, *De anima* I.5, 411^b27-30)

⁵ Aristóteles utiliza a expressão $\tau\alpha \zeta\omicron\nu\tau\alpha$ para descrever os seres vivos (incluindo as plantas) e $\tau\alpha \zeta\omega\alpha$ para caracterizar os animais, incluindo o homem (Wijssenbeek-Wijler, 1978, p. 69). O verbo $\zeta\eta\nu$, por sua vez, significava “viver” (Regnéll, 1967, p. 173).

Assim, Aristóteles procurou as características comuns a *todos os seres vivos*. A capacidade de se nutrir lhe pareceu uma propriedade de todos os animais e plantas.

A capacidade de absorver alimentos pode existir separada de todos os outros poderes, mas os outros não podem existir sem esse nos seres mortais. Isso é evidente no caso das plantas; pois elas não possuem outra capacidade da alma. (Aristóteles, *De anima* II.2, 413^a31-b1)

3 NUTRIÇÃO, CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO

As plantas não se movem, não parecem ter sentimentos, mas se alimentam e crescem. Segundo Aristóteles, as plantas são consideradas vivas exatamente porque possuem um poder [$\delta\upsilon\nu\alpha\mu\iota\varsigma$ = potencialidade] pelo qual crescem e envelhecem, e permanecem vivas enquanto são capazes de absorver alimentos (*De anima* II.2, 413^a23-31). Essas seriam as características *mínimas* de um ser vivo: ser capaz de se alimentar, de crescer e de se desenvolver (passar da fase inicial à fase madura e à velhice).

Seria a reprodução outra característica essencial dos seres vivos? Sabia-se que muitas plantas se reproduzem, através de sementes, mas Aristóteles considerava – como quase todos os autores antigos – que as plantas e animais inferiores podiam nascer sem pais, por geração espontânea (Martins, 1990). Assim, a reprodução não seria um processo comum a todos os seres vivos. O crescimento e a alimentação seriam.

Assim, Aristóteles delimita *vida* da seguinte forma: “Alguns corpos naturais possuem vida, outros não. Por vida entendemos nutrição e crescimento (com seu correlativo, o desenvolvimento)” (Aristóteles, *De anima* II.1, 412^a14-15).

Portanto, possuir vida não implica em ter sensações nem movimentos. Nos seus estudos sobre os seres vivos, Aristóteles afirma que os embriões dos animais, no estágio inicial de seu desenvolvimento, não possuem sensações, sendo semelhantes às plantas (Aristóteles, *De generatione animalium*, II.3, 736^a35-736^b1). Os próprios animais, no início de sua vida, seriam como plantas.

É importante esclarecer melhor o significado dos termos “nutrição”, “crescimento” e “desenvolvimento” utilizados na caracterização aristotélica da vida.

Alimentar-se ou *nutrir-se* significa, para Aristóteles, absorver e transformar alimentos⁶, bem como distribuí-los por todo o corpo. *Crescer*, no caso dos seres vivos, significa um aumento de cada uma de suas partes ou órgãos. *Desenvolver-se* significa passar pelas diferentes fases de vida características de cada planta ou animal (por exemplo, as fases de um inseto).

Isso tudo pode parecer banal, excessivamente simples, mas não é. Encontrar características comuns a todos os seres vivos e apenas a eles é uma tarefa extremamente difícil. Pode-se dizer que Aristóteles foi muito cuidadoso e claro em sua delimitação. Compare-se com esta tentativa do final do século XX:

Quase todos os seres vivos compartilham certas características básicas. Elas incluem (1) reprodução (2) crescimento (3) metabolismo (4) movimento (5) resposta a estímulos (6) adaptação. Nem todo organismo exibe todas essas características, e mesmo coisas não vivas podem mostrar algumas delas. No entanto, estas características como um grupo delinham a natureza básica de uma coisa viva. (*World Book Encyclopedia, apud* Matthews, 1992, p. 185)

É interessante notar que a caracterização de vida utilizada por Aristóteles supera alguns problemas encontrados em definições propostas nos séculos XIX e XX. Discutia-se, por exemplo, se a definição de ser vivo podia excluir coisas como um cristal que “cresce” em uma solução saturada, ou uma estalactite que “cresce” em uma caverna. Em certo sentido, o cristal se alimenta, cresce e se desenvolve – mas não no sentido em que Aristóteles utiliza esses termos. De fato, o crescimento de um cristal se processa pela adição, em sua superfície, de novos íons ou moléculas, todos da mesma natureza; não há transformação de substâncias (como na nutrição de um animal ou planta), não há distribuição das substâncias ingeridas por todo o corpo. Um cristal também não cresce no sentido em que Aristóteles utilizava essa palavra, pois o material lhe é acrescido superficialmente, não se distribui *dentro* do cristal. Também não há desenvolvimento – passagem do cristal por diversas “fases de vida”. Assim, o fenômeno se assemelha apenas superficialmente ao que ocorre com os seres vivos e não cria problemas para a análise aristotélica.

Um exemplo menos anacrônico – e efetivamente discutido por Aristóteles – é o do fogo. Quando se queima um pedaço de madeira, por exem-

⁶ A transformação dos alimentos seria realizada, de acordo com Aristóteles, pelo calor vital existente em todos os seres vivos (Spicer, 1934, p. 57).

plo, o fogo se “alimenta” da madeira, e realmente a transforma em outras substâncias, distribuindo-as em seu interior. Nesse sentido, o fogo realiza um processo semelhante à nutrição. Além disso, o fogo tem a capacidade de crescer, a partir do seu “alimento” (o combustível), e esse crescimento não é apenas superficial, mas afeta o interior das chamas. O fogo também pode “nascer”, desenvolver-se e depois “morrer”, como os seres vivos. O que, então, diferencia o fogo de um animal ou planta? Veremos mais adiante como Aristóteles soluciona esse problema.

4 CORPO E ALMA

A vida não é uma característica da *matéria* que compõe um ser vivo, pois a mesma matéria pode existir em um animal morto. Segundo Aristóteles, um ser vivo possui dois elementos conceitualmente distintos: o *corpo* (que é a matéria ou substrato do ser vivo) e a *alma* (que é a vida, a causa formal ou essência do ser vivo⁷). No entanto, esses dois elementos não podem existir separadamente. Na concepção aristotélica, a alma está indissolivelmente associada a um corpo vivo.

Por esta razão, estão corretos os que sustentam que a alma nem é corpo nem existe sem corpo. Não é corpo, mas pertence a um corpo, e por esta razão existe em um corpo, e corpo do tipo apropriado. (Aristóteles, *De anima* II.2, 414^a19-23)

Não é qualquer corpo material que pode ser vivo. Os seres vivos são necessariamente *orgânicos*, isto é, dotados de órgãos ou instrumentos que desempenham alguma função importante para a vida.

Se um ser que estava vivo morre, ele já não possui alma, *e também não possui mais o mesmo corpo de antes*, pois agora este corpo não tem mais a potencialidade de viver. De acordo com Aristóteles, aquilo que tem a potencialidade de vida não é um corpo morto: um cadáver (aquilo que perdeu sua alma) não tem a potencialidade da vida. As sementes e o fruto, pelo contrário, são corpos que possuem essa potencialidade (Aristóteles, *De anima* II.1, 412^b25-26).

Aristóteles compara a relação entre visão e olho à relação entre alma e corpo (Aristóteles, *De anima* II.1, 412^b17-24). Se um olho se torna incapaz

⁷ Em algumas passagens, como na *Metaphysica* VIII.3, 1043^a33-34, Aristóteles chama a alma de λογος ou ουσια de um corpo vivo (Guthrie, 1981, p. 281).

de ver (um olho cego), ele só continua a ter o *nome* de olho, mas perdeu sua essência, que é a capacidade de ver.

Na tradição religiosa cristã, a alma de um ser humano é algo que existe independentemente do corpo e que pode existir depois da morte. Utilizar o nome “alma” para o conceito aristotélico pode levar o leitor a associá-lo com essa concepção religiosa, o que distorceria seu significado. É importante notar que a alma aristotélica não é algo que esteja colocado dentro do corpo, como um objeto dentro de outro. É um poder que dá vida ao corpo, mas que existe junto ao corpo, não podendo existir sem ele. Pensemos em uma semente, que está viva e que pode se desenvolver e se transformar em uma planta. Se, antes disso, a semente for fervida ou tostada em um forno, perderá a capacidade de viver. A vida da semente não saiu dela e foi para outro lugar; ela foi destruída. A semente perdeu sua vitalidade.

Para Aristóteles, a alma ($\psi\upsilon\chi\eta$) é um exemplo de forma ($\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$), enquanto que o corpo ($\sigma\omega\mu\alpha$) é um exemplo de matéria ($\upsilon\lambda\eta$). Essa distinção se baseia na classificação de Aristóteles de quatro tipos de causas naturais, que deveriam ser identificadas em todos os tipos de transformações (Aristóteles, *Physica* II.3, *Metaphysica* I.3, V.2).

O primeiro tipo costuma ser chamado de “causa material”. É algo que já existia antes e que continua a existir depois de uma transformação. Por exemplo: quando se faz uma estátua de bronze, o metal já existia e continua a existir dentro da estátua.

O segundo tipo é a “causa formal”, que é mais difícil de entender. Ela é aquilo que não existia antes e que surgiu, em uma transformação, e que caracteriza o resultado do fenômeno. Antes de se fazer uma estátua de bronze, o metal não tem a forma desejada. A fabricação da estátua consiste em dar àquele material (que é sempre o mesmo) uma nova estrutura. A essência da estátua ou aquilo que a define é a forma que ela adquiriu. A *forma*, ou *causa formal*, é aquilo que determina a natureza de um ente.

Uma terceira causa é chamada de “causa eficiente”. Ela é aquilo que desencadeia uma mudança ou processo, sendo este o sentido mais comum que damos à palavra “causa”. O artista que transforma um bloco de bronze em uma estátua de Zeus é a causa eficiente da estátua.

Por fim, Aristóteles indica um quarto tipo, a “causa final”. Se uma pessoa faz caminhadas para ficar saudável, a saúde é a causa final (ou finalidade) da caminhada. Se um artista faz uma estátua de Zeus para que ela seja colocada em um templo e para que as pessoas realizem cultos a esse deus, então a causa final da estátua é o culto religioso.

Em um sentido, chama-se “causa” aquilo de que uma coisa provém, e que persiste – por exemplo, o bronze da estátua, a prata do jarro, e os gêneros de que o bronze e a prata são espécies.

Em outro sentido, chamam-se “causas” a forma ou o arquétipo, isto é, a afirmação da essência, e seus gêneros – por exemplo, a relação 2:1 [é causa da] oitava e, de forma mais geral, o número [é a causa] – e as partes na definição.

Além disso, a fonte primária da mudança ou paralisação; por exemplo, o homem que dá um conselho é uma causa, o pai é causa do filho, e geralmente aquilo que faz [é causa] daquilo que é feito, e aquilo que produz a mudança [é causa] daquilo que é mudado.

Além disso, no sentido de finalidade, ou aquilo para o qual uma coisa é feita. Por exemplo, a saúde é a causa da caminhada. “Por que ele está caminhando?” Dizemos: “Para ficar saudável” e, dizendo isso, pensamos ter indicado a causa. O mesmo é verdade também de todos os passos intermediários que são desenvolvidos pela ação de uma outra coisa como meios para um fim, tal como redução de peso, purgantes, drogas, ou instrumentos cirúrgicos são meios para a saúde. (Aristóteles, *Physica*, II.3, 194^b23-195^a1)

Para Aristóteles, o corpo é a causa material de um ser vivo, e a alma é sua causa formal – em vários sentidos. Em primeiro lugar, porque é a alma de uma planta ou animal que determina a estrutura daquela planta ou animal, durante seu desenvolvimento. Em segundo lugar, porque é a alma que dá vida, ou seja, que torna aquele organismo um ser vivo.

Algumas comparações podem ser úteis. Aquilo que caracteriza um machado ou uma faca é sua capacidade de cortar. Essa capacidade de cortar pertence a um objeto material, e não pode existir fora da matéria; mas a matéria pode existir sem essa capacidade (Guthrie, 1981, p. 284). De forma análoga, um objeto material pode ser frio ou quente, pode ter determinada cor, etc.; mas não podemos conceber a temperatura ou a cor sem um substrato material. Pelo mesmo motivo, não poderíamos pensar no conceito de alma de Aristóteles como algo independente do corpo. Nesse sentido, parece-nos inadequado classificar o pensamento de Aristóteles como *vitalista* ou *animista*, embora haja uma vasta discussão sobre o assunto (Wheeler, 1939, p. 8).

A alma *produz* a estrutura do corpo de cada ser vivo, portanto existe um tipo de alma para cada espécie de animal ou vegetal (Rorty, 1992, p. 10). Existem também diferenças *individuais* entre as almas de cada animal ou planta de uma mesma espécie. Assim, não se deve conceber o conceito

aristotélico de alma como sendo equivalente a “vida” ou “força vital”, pois esses termos não indicam a existência de diferenças específicas (Spicer, 1934, p. 39).

5 FACULDADES OU PARTES DE ALMA

Aristóteles descreve a alma como um conjunto de capacidades ou faculdades (Sorabji, 1993, p. 163). Algumas estariam presentes em todos os seres vivos, outras não.

5.1 A alma nutritiva

A base fundamental da vida, para Aristóteles, é a capacidade de se nutrir⁸. Dela resultam o crescimento e o envelhecimento. Esse poder ou capacidade fundamental dos seres vivos é atribuído por Aristóteles a uma faculdade específica da alma: sua parte nutritiva (Aristóteles, *De anima* II.2, 413^b7-9; II.3, 414^a32-^b1). Todos os seres vivos (plantas, animais, homem) possuem pelo menos essa faculdade da alma; as plantas possuem apenas a alma nutritiva.

Todos os seres vivos perfeitos (completos, não mutilados) e que não surgem por geração espontânea se reproduzem (Aristóteles, *De anima* II.4, 415^a22-415^b2). A causa da reprodução é também a alma nutritiva, já que mesmo as plantas podem se reproduzir. A reprodução se dá através de sementes (ou do sêmen), que é produzido por uma transformação dos alimentos. Assim, a reprodução também está associada à alma nutritiva ou vegetativa (Brentano, 1977, p. 52; Spicer, 1934, p. 58).

A nutrição produz o crescimento dos seres vivos, que é ordenado, limitado, obedecendo a certas proporções e levando a certo resultado (a planta ou o animal adulto), se não houver nada que impeça esse desenvolvimento. É a alma que dirige esse crescimento, é ela que determina a estrutura de cada ser vivo.

Há uma diferença fundamental entre o crescimento de um ser vivo e o “crescimento” do fogo. O fogo pode crescer sem limites, não tem uma estrutura determinada, seu tamanho depende do combustível existente, ele pode aumentar e diminuir de tamanho (Aristóteles, *De anima* II.4, 416^a9-

⁸ Alguns autores (como Chaignet, 1883, p. 321 e Wijnsbeek-Wijler, 1978, p. 70) interpretam a função da alma nutritiva como sendo de conservar e fazer crescer o indivíduo e de conservar a espécie (pela geração). No entanto, essa alma nutritiva tem um papel muito mais importante, pois é ela que determina a estrutura e o desenvolvimento de cada ser vivo.

19). Nesses aspectos, o “crescimento” do fogo é completamente diferente daquilo que ocorre com um ser vivo, cujo crescimento é determinado pela alma, que lhe dá uma estrutura e um limite para o qual tende seu desenvolvimento.

No caso dos seres inanimados (não-animados ou sem alma = $\alpha\psi\upsilon\chi\alpha$) todos os movimentos naturais são causados pelos elementos que os compõem (água, fogo, etc.), ou seja, dependem apenas da matéria. No caso dos seres animados (com alma = $\epsilon\mu\psi\upsilon\chi\alpha$), no entanto, o movimento é determinado por sua forma ($\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$), pela natureza ($\phi\upsilon\sigma\iota\varsigma$) de cada um, que é sua alma ($\psi\upsilon\chi\eta$).

Quando um animal ou planta se desenvolve, ele segue um plano determinado por sua própria natureza (*physis*). As influências externas podem *impedir* o desenvolvimento adequado de um ser vivo, mas não determinam sua estrutura. Essa causa interna que orienta o crescimento e o desenvolvimento de um ser vivo é a capacidade nutritiva de sua alma.

5.2 A alma sensorial

Segundo Aristóteles, os animais se distinguem das plantas por possuírem percepção sensorial, independentemente de serem capazes de se deslocar ou não. O tato seria o sentido mais básico, comum a todos os animais (Aristóteles, *De anima* II.2, 413^b1-10; II.3, 414^b4). As esponjas e alguns outros seres marinhos que passam sua vida no mesmo lugar, fixos em pedras, eram considerados pela maioria das pessoas como plantas. Aristóteles considerava que elas eram animais e que possuíam o sentido do tato.

Diz-se que a esponja é sensível e, como prova dessa afirmação, dizem que se a esponja percebe que está sendo feita uma tentativa para arrancá-la do lugar onde está presa, ela se contrai e torna-se difícil extrai-la. Faz um movimento de contração semelhante quanto o clima está tempestuoso ou ventoso, obviamente com o objetivo de se prender melhor. Algumas pessoas têm dúvidas sobre essa afirmação, como por exemplo as pessoas de Torone. (Aristóteles, *Historia animalium*, V.16, 548^b10-15)

Animais inferiores, como as ostras, também teriam apenas tato. Outros teriam os demais sentidos, para os quais Aristóteles estabeleceu uma hierarquia, sendo a visão o mais elevado (Wijnsenbeek-Wijler, 1978, pp. 74-83).

5.3 A alma sensorial e motriz

Ter sensações implica, para Aristóteles, na capacidade de reagir a elas. Para um ser vivo que não pudesse reagir, ter sensações seria totalmente

inútil. Como a natureza não produz nada inútil (segundo Aristóteles), não podem existir animais (seres vivos com sensações) sem a capacidade de ter algum tipo de reação ou movimento.

Dos animais, alguns possuem um maior número de sentidos, ou além de sensações possuem movimento e imaginação (Aristóteles, *De anima* II.3, 414^b33-415^a12). No entanto, essas diferenças não são consideradas por Aristóteles tão marcantes quanto a que existe entre plantas e animais.

A existência de percepção sensorial acarreta a possibilidade de sentir prazer e dor e, por isso, acarreta também a possibilidade de ter desejos (Aristóteles, *De anima* II.2, 413^b22-24; II.3, 414^b4-6). Portanto, todos os animais (mas nenhuma planta) seriam capazes de ter prazer, dor e desejos.

Nem todos os animais possuem a capacidade de se deslocar, mas o movimento não poderia surgir sem a sensação, pois o movimento voluntário dos animais pressupõe uma necessidade ou desejo. Portanto, para Aristóteles, ter sensações é um pré-requisito para ter movimento (deslocamento), mas pode existir a sensação sem a capacidade de se deslocar (como nas esponjas).

5.4 A capacidade de pensar

Quanto à capacidade de pensar, Aristóteles a associa a um tipo distinto de alma (Aristóteles, *De anima* II.2, 413^b24-27). Essa seria a potencialidade específica do ser humano (ou de seres semelhantes ou superiores ao homem) (Aristóteles, *De anima* II.3, 414^b18-20). Pensar (raciocinar) e sentir são coisas totalmente distintas, para Aristóteles. Aristóteles acreditava que os seres humanos eram os únicos animais capazes de raciocinar, e essa capacidade seria proporcionada por uma outra parte ou por um outro aspecto da alma (Aristóteles, *De partibus animalium*, I.1, 641^b5-10). Ele definia o homem como um *animal racional* – definição que seria, dois mil anos depois, convertida na expressão *Homo sapiens*, da nomenclatura de Linné.

No caso dos animais e plantas, a alma desaparece quando o ser vivo morre. No caso específico do ser humano, que pensa, Aristóteles indica a possibilidade de que exista uma alma capaz de se separar da matéria: “[...] um tipo distinto de alma, e *apenas essa pode ser separada*, como o imortal do perecível” (Aristóteles, *De anima* II.2, 413^b24-27).

5.5 O intelecto (νοῦς)

O aspecto da *psyche* que somente os seres humanos possuem é representado pelo termo grego νοῦς (*nous*), que poderia ser traduzido por “inte-

lecto” e que é discutido mais detalhadamente no livro 3 da obra *De anima*. O intelecto é descrito por Aristóteles como a parte divina dos homens, que vem “de fora” quando uma criança é gerada e que não é destruída na morte (Aristóteles, *De anima* 407^a32, 408^b18, 408^b29, 429^a23, 430^a23). Mesmo nos seus tratados sobre os animais, Aristóteles mantém essa distinção: “Existe a possibilidade de que apenas o $\nu\omicron\upsilon\varsigma$ venha de fora e somente ele seja divino, pois a atividade física não partilha da atividade da razão” (Aristóteles, *De generatione animalium* II.3, 736^b27-29).

Aqui, e apenas nesse ponto, a concepção de Aristóteles deixa o domínio puramente natural para relacionar-se com preocupações religiosas e metafísicas. Trata-se de um aspecto problemático da doutrina aristotélica, já que ele afirma explicitamente (*De anima*, II.2, 414^a19) que a alma não existe sem um corpo (Guthrie, 1981, p. 284; Nuyens, 1948, p. 236). Admite-se que a apresentação do $\nu\omicron\upsilon\sigma$ no *De anima* é incompleta e fragmentária (Rorty, 1992, p. 11), sendo na verdade um elemento estranho dentro dessa obra.

Aristóteles estabelece uma hierarquia de potencialidades da alma:

- (1) nutrição (acompanhada por crescimento e desenvolvimento e, às vezes, por reprodução);
- (2) percepção sensorial (acompanhada por prazer, dor e desejos) e às vezes acompanhada por movimento (voluntário ou espontâneo); e
- (3) pensamento⁹.

Cada potencialidade ($\delta\upsilon\nu\alpha\mu\epsilon\iota$) exige a anterior, assim como o triângulo está contido no quadrilátero, o quadrilátero está contido no pentágono, e assim por diante (Aristóteles, *De anima* II.3, 414^b20-32). Não se deve imaginar, no entanto, que os seres humanos tenham três almas diferentes, que se completam. Como a alma é a causa formal do ser vivo, é impensável que um mesmo ser vivo possa ter mais de uma alma (Brentano, 1977, p. 36). Em cada organismo há uma única alma, que entretanto pode ser dividida (conceitualmente) em diversas faculdades (Hammond, 1902, p. xxi).

⁹ O número de aspectos ou tipos de alma não fica muito claro em certos pontos da obra de Aristóteles, mas é plausível que ele considerasse as distinções entre plantas, animais e homem como sendo as mais importantes e, portanto, podemos falar sobre três tipos principais de alma (Brentano, 1977, p. 41). William Hammond, pelo contrário, enfatizou a existência de *quatro* tipos de alma (Hammond, 1902, p. xxi).

6 POTENCIALIDADE E ATUALIDADE

Um ser vivo pode possuir vida mas não manifestar os fenômenos vitais, assim como uma pessoa adormecida possui conhecimento mas não utiliza esse conhecimento (Aristóteles, *De anima*, II.1, 412^a22-28). Aristóteles distingue uma possibilidade ou poder não manifesto (*potencialidade* = *δυναμις*) desse mesmo poder ativo (*atualidade* = *εντελεχεια*)¹⁰. A alma é um exemplo de atualidade, enquanto o corpo é um exemplo de potencialidade.

Há vários graus de realização ou de “atualização” de um poder, e possuir uma alma não significa estar exercendo efetivamente *todas* as suas potencialidades. Possuir uma alma significa possuir essas potencialidades – como no caso de uma semente que ainda não cresceu nem se alimentou, mas que tem essas possibilidades – e estar manifestando essas potencialidades no nível mínimo: “A alma é o primeiro grau de atualidade de um corpo natural que tem em si a potencialidade da vida” (Aristóteles, *De anima*, II.1, 412^a29). Uma pessoa adormecida, por exemplo, está viva, mas sua vitalidade não está exercendo todo o seu poder (Guthrie, 1981, P. 283).

6.1 Alma e corpo

Assim como os diferentes sentidos associados à alma atuam através de diferentes órgãos corporais, da mesma forma a função mais geral do princípio vital nos seres vivos (a alma vegetativa) funciona através de um instrumento corpóreo, que Aristóteles chamou de alento inato (*συμφυτον πνευμα*) e calor vital (*θερμοτης ψυχικη*). Nos animais, esse instrumento está centralizado no coração (ou órgão equivalente, nos animais inferiores). A morte ocorre quando há extinção do alento inato e do calor vital.

¹⁰ Aristóteles utiliza dois termos diferentes, aparentemente cunhados por ele próprio, para indicar a realização ou ato: *ενεργεια* e *εντελεχεια*. Às vezes são utilizados como sinônimos (como na *Metaphysica*), porém em outros casos (como no *De anima*) são diferenciados (Olszewsky, 1976, pp. 397-399): *ενεργεια* representaria a atividade, *εντελεχεια* seria o resultado da atividade: “A energia parece conter a idéia da força que conduz algo à perfeição ou entelêquia, a idéia de esforço, da tendência e quase de movimento; a entelêquia, a de estado atingido, completado, em repouso” (Chaignet, 1883, p. 279). Poderiam ser traduzidas, respectivamente, por “atividade” e “realização”. Alguns autores, no entanto, não notam diferença no uso dos dois termos (Charlton, 1980, p. 173; Spicer, 1934, p. 30).

A geração de um novo ser vivo (reprodução) exige tanto um corpo quanto uma alma. Nos animais ovíparos, os ovos são produzidos pelas fêmeas, e é possível em alguns casos o surgimento de um ovo sem fecundação (por exemplo, nas galinhas). É necessária a contribuição do macho, no entanto, para que o ovo resulte em um novo animal. Por isso, Aristóteles concluiu que, na geração sexual, o corpo é fornecido pela mãe e a alma pelo pai (Aristóteles, *De generatione animalium*, I.2, 716^a3-6).

6.2 O *pneuma*

A alma é transportada juntamente com o alento inato, no sêmen fertilizante: “Portanto, o sêmen é um composto de alento [$\pi\nu\epsilon\upsilon\mu\alpha$ = *pneuma*] e água, e o primeiro é um ar quente” (Aristóteles, *De generatione animalium*, II.2, 736^a1-2). Aristóteles concebia esse alento ($\pi\nu\epsilon\upsilon\mu\alpha$) como análogo ao elemento dos astros, o éter ($\alpha\iota\theta\eta\rho$):

Todos [os machos] possuem em seu sêmen aquilo que o torna produtivo, ou seja, aquilo que se chama calor vital. Ele não é o fogo nem qualquer poder semelhante, mas é o *pneuma* que está dentro do sêmen em forma de espuma; e o princípio natural no *pneuma* é análogo à substância das estrelas. (Aristóteles, *De generatione animalium*, II.3, 737^a1-2)

Isso permitia compreender a geração espontânea (sem pais) dos animais e plantas:

Por isso, o fogo não gera nenhum animal e não encontramos coisas vivas que se formem nos sólidos ou líquidos sob a influência do fogo. No entanto, o calor do Sol e dos animais os gera. Isso é verdade não apenas na geração através do sêmen, mas no caso de qualquer outro resíduo de natureza animal que exista, lá ainda existe um princípio vital. (*De generatione animalium*, II.3, 737^a3-5)

É difícil conciliar a idéia de um $\nu\omicron\upsilon\varsigma$ que “vem de fora” (ver seção 5.5) com a idéia de que a alma de um animal ou homem é transmitida no sêmen, através do $\pi\nu\epsilon\upsilon\mu\alpha$ (Chaignet, 1883, p. 299).

6.3 Localização da alma no corpo

A alma não está localizada em nenhuma parte do corpo, mas distribuída em todo ele:

É um fato da observação que as plantas e alguns insetos continuam vivos quando divididos em pedaços; isso significa que cada um dos segmentos possui uma alma idêntica em espécie, [...] pois todos os segmentos possu-

em durante algum tempo os poderes de sentir e de se mover. (Aristóteles, *De anima*, I.5, 411^b19-22)

[...] todas as partes da alma estão presentes em cada uma das partes do corpo, e as almas assim presentes são homogêneas entre si e com o todo; isso significa que as várias partes da alma são inseparáveis umas das outras, embora a alma como um todo seja divisível. (Aristóteles, *De anima*, I.5, 411^b25-27)

Em outras de suas obras, Aristóteles localizava a alma no coração¹¹. No entanto, o estudo de alguns fenômenos biológicos, como a possibilidade de reproduzir uma planta inteira a partir de um pedaço de um de seus ramos (Hammond, 1902, p. xxii), parece ter feito com que ele mudasse de opinião.

6.4 Alma e vida

Nas obras de Aristóteles sobre os seres vivos, a alma ($\psi\upsilon\chi\eta$) é um conceito central que unifica e explica os fenômenos de nutrição, crescimento, sensibilidade, movimento e geração. É também fundamental para compreender outros aspectos do pensamento de Aristóteles, como a fisiologia e a escala de perfeição dos seres vivos. Consideramos, por isso, que a *psyche* de Aristóteles é um conceito fundamentalmente biológico, ligado à sua visão sobre a natureza.

7 A ALMA ANTES DE ARISTÓTELES

As fontes mais antigas que chegaram até nós mostram que, na tradição grega, o conceito de alma apareceu inicialmente como dotado exclusivamente de um papel religioso. Em seu clássico estudo sobre a *Psyche*, Erwin Rohde estudou as transformações por que passou a idéia de alma entre os gregos, desde Homero até Aristóteles (Rohde, 1925). Embora seja uma obra antiga, trata-se de um dos melhores estudos abrangentes sobre o conceito¹².

¹¹ Essa opinião apresentada no *De anima* aparece também no *De generatione animalium* I.19, 726^b22-24.

¹² É impossível, neste artigo, descrever todas as concepções sobre a alma existentes de Homero até Aristóteles. Além da obra de Erwin Rohde, podem ser encontradas mais informações em Halb wachs, 1930; Larock, 1930; Virieux-Reymond, 1962; e Regnell, 1967.

7.1 Homero

Nas obras de Homero, a alma ($\psi\chi$) era descrita como uma imagem ($\epsilon\iota\delta\omega\lambda\omicron\nu$), uma sombra ou fumaça, um “duplo” da pessoa, que se separava dela ao morrer, descia às profundezas da Terra e após a cremação do cadáver passava a residir no Hades (Rohde, 1925, pp. 4-5). A palavra $\psi\chi$ utilizada por Homero tinha, indubitavelmente, uma relação com o alento, pois $\psi\chi\omega$ significa respirar. No entanto, ao invés de associada à vida, essa palavra estava ligada ao frio ($\psi\chi\omicron$) e à morte (Teixeira, 1989).

No pensamento de Homero, o homem vivo teria uma $\psi\chi$, mas ela não se manifestaria nem seria responsável pelos fenômenos vitais. Não era ela que explicava a consciência, a vontade ou os pensamentos. Todas essas operações estavam associadas ao calor vital ($\theta\upsilon\mu\omicron\varsigma$), à vida orgânica (Larock, 1930, pp. 381-384). As funções vitais e as forças espirituais cessavam com a morte; a consciência da $\psi\chi$ apresenta apenas um pálido reflexo daquilo que ela era durante a vida (Halbswachs, 1930, p. 497).

Em Homero, as sombras ou sopros ($\psi\chi$) que residem no Hades são infelizes, pois os mortos lamentam constantemente a perda da vida. São meros fantasmas, duplos ou imagens do corpo, desprovidos de toda vitalidade (Halbswachs, 1930, pp. 493-497). Da mesma forma, nas tragédias de Sófocles e Eurípedes, a *psyche* ($\psi\upsilon\chi\eta$) era sempre representada lamentando-se e suspirando, dissolvendo-se em desespero e sofrimento (Solmsen, 1983). Nesse período, a sobrevivência da alma não estava associada nem a punições nem a recompensas após a morte, pois todas as sombras eram igualmente infelizes no Hades. O papel ético do conceito de *psyche* era nulo.

Nos poemas homéricos existe um noção de imortalidade positiva: alguns heróis seriam transportados pelos deuses às Ilhas Bem-Aventuradas, podendo lá viver para sempre. No entanto, isso nada tinha a ver com a idéia de uma imortalidade positiva *da alma*, pois esses heróis estavam *vivos*, e eram levados em sua integridade (com o corpo e a vitalidade) a essa vida superior (Halbswachs, 1930, p. 500).

7.2 A alma e os filósofos pré-socráticos

Não é possível descrever aqui todas as transformações pelas quais passou esse conceito, desde Homero até Platão. No entanto, é relevante notar que, a partir do século VI a. C., a imagem de uma alma como simples fantasma, sombra impotente, desprovida de energia e de importância, começou a se transformar. Entre muitos dos pré-socráticos o nome $\psi\chi$ começa

a ser utilizado no sentido de um poder de vida e de movimento, substituindo algumas das funções do $\theta\nu\mu\omicron$, mas diferindo dele por se tratar de um poder difundido por todo o universo, uma força divina e imortal, mas impessoal (Rohde, 1925, pp. 362-367).

Pitágoras talvez tenha sido o primeiro filósofo grego a tratar a alma como dotada de importância moral (Kirk, Raven & Schofield, 1983, p. 8). Para ele, a $\nu\chi$ seria um ser imortal individual, enviado do mundo celeste à prisão de um corpo, como punição. Cada alma deve passar por muitas vidas, em corpos de animais ou de pessoas, sofrendo as conseqüências de suas vidas anteriores, até se purificar (*ibid.*, pp. 219-220; Rohde, 1925, pp. 374-376).

No pensamento pitagórico, portanto, a $\nu\chi$ era algo independente do corpo e que não tinha qualquer papel biológico. Ela não fazia parte da natureza, mas sim de um “outro mundo”. Sua importância era teológica e moral. Nessa filosofia, o conceito de $\nu\chi$ está intimamente associado a uma teoria ética e a normas de vida.

Os Órficos tinham idéias semelhantes (Kirk, Raven & Schofield, 1983, p. 221), introduzindo a noção de que, após a morte, as almas vão para um local onde são julgadas, podendo ser punidas ou recompensadas (Halbwachs, 1930, p. 516). Não haveria, segundo eles, nenhuma relação mais estreita entre o corpo e a alma, que não poderia ser considerada como a fonte da vida. A alma estaria no corpo como se estivesse em uma prisão (*ibid.*, p. 525).

7.3 Platão e a alma

Platão adotou a crença de que o corpo é apenas uma residência temporária da $\nu\chi$, a qual existiria antes dele e que sobreviveria à morte do corpo. Ele se esforçou por provar através de muitos argumentos a imortalidade da alma, de diversos modos; por estabelecer o seu caráter intelectual; e por mostrar sua superioridade sobre o corpo (Halbwachs, 1930, p. 521).

A teoria das idéias ou formas ($\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$) platônicas é a base da teoria da $\nu\chi$. Como as formas, a $\nu\chi$ é imortal, imutável, captada pela mente. O corpo ($\sigma\omega\mu\alpha$), pelo contrário, é mutável e sensível (Solmsen, 1983, p. 360). Há um dualismo e uma clara oposição entre alma e corpo. Existindo desde sempre (como as idéias), a alma assume um corpo para dar-lhe vida (Crombie, 1962, pp. 293-301). Embora $\nu\chi$ possa significar “vida”, na obra de Platão esse significado é secundário e aparece apenas como um pano de

fundo. Ela é sempre uma realidade independente do corpo, não é condicionada por ele; no entanto, a alma pode ser afetada pelo corpo, tornando-se impura e corrupta. No *Phaedo*, o corpo é uma prisão onde a alma está encerrada; a alma é superior ao corpo, e isso deve ser levado em conta no desenvolvimento de uma teoria ética; e a alma sobrevive ao corpo, sendo esse aspecto relevante sob o ponto de vista religioso (Olszewsky, 1976, p. 391).

No *Timeu*, a alma é, por um lado, a força vital do corpo e, por outro lado, o motor do pensamento, voltado para as idéias. Dos órficos, Platão utiliza a idéia de uma origem divina da alma – ela é um hóspede temporário do corpo e passa por transmigrações. Porém distingue-se deles, pois ao invés de conceber o corpo como uma mera prisão, com a qual a alma não tem nenhuma relação direta, a $\nu\chi$ de Platão é o princípio da vida.

Apesar dessas diferenças, o papel básico da $\nu\chi$ nas obras de Platão continua sendo primariamente ideológico, semelhante ao que ocorre nos órficos e pitagóricos. Em toda a obra de Platão encontramos a visão de que a $\nu\chi$ tem um enorme valor e que é necessário cuidar de sua “saúde” moral (Solmsen, 1983, pp. 357-358); seu significado biológico é secundário e não é desenvolvido.

No *Timeu*, ao descrever a criação dos seres vivos, Platão praticamente não se interessa pelos vegetais e animais. Menciona, no entanto, que os vegetais possuem uma alma e que sentem apetite (Platão, *Timeu*, 77 a-c), sendo criticado por Aristóteles.

A vida é encontrada nos animais e plantas; mas enquanto nos animais ela se manifesta claramente, nas plantas está oculta e não é evidente. Pois antes que possamos afirmar a presença da vida nas plantas, deve-se fazer uma longa investigação sobre se as plantas possuem uma alma e uma capacidade distintiva para desejo, prazer e dor. Ora, Anaxágoras e Empédocles dizem que elas são influenciadas pelo desejo; também afirmam que têm sensação e tristeza e prazer. [...] Platão declara realmente que elas sentem desejo apenas por sua necessidade de alimento. Se admitirmos isso, segue-se que também sentem alegria e tristeza e têm sensações. (Aristóteles, *De plantis* I, 815^a10-23, em Barnes, 1984, vol. 2, p. 1251)

Aristóteles, no entanto, defendeu que as plantas não têm sensação, nem desejo.

Segundo Platão, há três tipos de alma, associadas ao conhecimento, à vontade e às sensações. A primeira estaria localizada no cérebro, a segunda no tórax (particularmente no coração) e a terceira no abdômen (especial-

mente no fígado). Essas três partes seriam em grande parte independentes, podendo entrar em conflito (Hammond, 1902, pp. xxvi-xxvii).

7.4 Platão *versus* Aristóteles

Em todas as concepções dos filósofos anteriores a Aristóteles, a imortalidade e importância da alma possuem um interesse basicamente religioso e ético. Admitindo-se essas concepções, torna-se possível estabelecer regras sobre o que é correto ou errado, assim como estabelecer uma nova relação entre homens e deuses. Aristóteles, pelo contrário, não utiliza sua complexa teoria sobre a alma, apresentada no *De anima*, para justificar suas concepções éticas.

Platão admitia que a alma compreendia três partes ou funções: a razão, a sensação e os desejos (Crombie, 1962, pp. 341-359). No *Timeu*, apenas a razão (νοῦς) é imortal, embora no *Fedro* as partes vitais (incluindo o θυμός) acompanhem a alma imortal (Halbwachs, 1930, p. 527).

A teoria da alma, de Platão, com uma alma constituída por três partes distintas, era determinada por suas concepções éticas. A de Aristóteles, pelo contrário, era determinada por seus estudos sobre os seres vivos (Vireux-Reymond, 1962, p. 126).

Para Platão, a alma era concebida como estando no corpo como em um recipiente. Para Aristóteles, a alma não é colocada no corpo como algo distinto e independente dele. A alma é a forma de um corpo de aparência e função determinados (Olszewsky, 1976, p. 401). Por isso, Aristóteles considerava absurda a concepção de Platão sobre a alma, pois cada corpo deve possuir sua própria alma (Aristóteles, *De anima* 407^b23, 26), enquanto que em Platão e nos pitagóricos a relação entre uma alma e um corpo é arbitrária. Não se pode colocar a alma de um homem em uma mosca.

O conceito de ψυχή de Platão é adequado para as suas funções éticas e religiosas (apesar de alguns problemas), mas inadequado para suas funções psicológicas e fisiológicas. Pelo contrário, o conceito de Aristóteles é adequado para o tratamento de seus papéis psicológicos e fisiológicos, mas inadequado para papéis éticos e religiosos (Olszewsky, 1976).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se, assim, uma grande diferença entre o conceito aristotélico de *psyche* e as concepções anteriores. Embora alguns pontos da concepção de Aristóteles tenham semelhanças com as de pensadores que o precederam, seu enfoque é profundamente original. Somente se pode compreender o

De anima como o trabalho de um naturalista, que tentava compreender e explicar os fenômenos mais profundos dos seres vivos.

Há obras atribuídas a Aristóteles em que a alma é apresentada de outra forma. Conforme apontado por François Nuyens, em suas obras de juventude, como o *Eudemos* e o *Protrepticos*, Aristóteles parecia adotar uma visão dualista da relação alma-corpo, semelhante à de Platão. Em algumas de suas obras sobre os seres vivos (como o *De partibus animalium*), predomina uma visão de que a alma é o *agente* que utiliza o corpo, sendo no entanto independente dele. Apenas no *De anima* e no *De generatione animalium* aparece a concepção mais madura, de que a alma é a entelúquia do corpo vivo (Nuyens, 1948, pp. 215-217, 239-240; Mansion, 1973). Parece, assim, que a concepção platônica de alma lhe parecia adequada enquanto se dedicou a temas relacionados apenas aos seres humanos, mas que precisou modificá-la à medida que se dedicava ao estudo dos animais e seus fenômenos.

9 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTOTLE. *De anima, books II and III (with passages from book I)*. Translated with introduction and notes by D. W. Hamlyn. Oxford: Clarendon Press, 1993.
- ARISTOTLE. *De anima*. Translated by W. D. Ross. Oxford: Clarendon Press, 1961.
- ARISTOTLE. *De anima*. With translation, introduction and notes by R. D. Hicks. Cambridge: Cambridge University Press, 1907.
- ARISTOTLE. *On the soul; Parva naturalia; On breath*. With an English translation by W. S. Hett. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1957 (Loeb Classical Library).
- BARNES, Jonathan. *The complete works of Aristotle*. 2 vols. Princeton: Princeton University Press, 1984.
- BRENTANO, Franz. *The psychology of Aristotle; in particular his doctrine of the active intellect*. Translated by Rolf George. Berkeley: University of California Press, 1977.

- CHAIGNET, Antelme Édouard (ed.). *Essai sur la psychologie d'Aristote*. Paris: Hachette, 1883.
- CHARLTON, William. Aristotle's definition of soul. *Phronesis. A Journal for Ancient Philosophy* **25**: 170-186, 1980.
- CROMBIE, Ian MacHattie. *An examination of Plato's doctrines. I. Plato on man and society*. London: Routledge & Kegan Paul, 1962.
- GUTHRIE, William Keith Chambers. *A history of Greek philosophy. Vol. VI – Aristotle, an encounter*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- HALBWACHS, Maurice. La représentation de l'âme chez les grecs. Le double corporel et le double spirituel. *Revue de Métaphysique et de Morale* **37**: 493-534, 1930.
- HAMMOND, William Alexander. *Aristotle's psychology. A treatise on the principle of life*. London: Swan Sonnenschein, 1902.
- KIRK, Geoffrey Stephen; RAVEN, John Earle; SCHOFIELD, Malcom. *The presocratic philosophers. A critical history with a selection of texts*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- LAROCK, Viktor. Les premières conceptions psychologiques des Grecs. *Revue Belge de Philologie et d'Histoire* **9**: 377-406, 1930.
- LLOYD, G. E. R. Aspects of the relationship between Aristotle's psychology and his zoology. Pp. 147-167, *in*: NUSSBAUM, Martha C. & RORTY, Amelia Oskenberg (eds.). *Essays on Aristotle's De Anima*. Oxford: Clarendon Press, 1992.
- MANSION, Suzanne. Deux définitions différentes de la vie chez Aristote? *Revue Philosophique de Louvain* **71**: 425-450, 1973.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Aristóteles e a geração espontânea. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* [série 2] **2** (2): 213-237, 1990.
- MATTHEWS, Gareth B. *De anima* 2.2-4 and the meaning of *life*. Pp. 185-193, *in*: NUSSBAUM, Martha C. & RORTY, Amélia Oskenberg (eds.). *Essays on Aristotle's De Anima*. Oxford: Clarendon Press, 1992.
- NUYENS, François. *L'évolution de la psychologie d'Aristote*. Louvain: Institut Supérieur de Philosophie, 1948.
- OLSHESKY, Thomas M. On the relations of soul to body in Plato and Aristotle. *Journal of the History of Philosophy* **14**: 391-404, 1976.
- REGNÉLL, Hans. *Ancient views on the nature of life. Three studies in the philosophies of the atomists, Plato and Aristotle*. Lund: C. W. K. Gleerup, 1967.
- ROHDE, Erwin. *Psyche. The cult of souls and belief in immortality among the Greeks*. Translated by W. B. Hills. London: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co., 1925.

- RORTY, Amélie Oksenberg. *De Anima*: its agenda and its recent interpreters. Pp. 7-13 *in*: NUSSBAUM, Martha C. & RORTY, Amélie Oksenberg (eds.). *Essays on Aristotle's De Anima*. Oxford: Clarendon Press, 1992.
- SOLMSEN, Friedrich. Plato and the concept of soul (*psyche*): some historical perspectives. *Journal of the History of Ideas* **44**: 355-367, 1983.
- SORABJI, Richard. Body and soul in Aristotle. Pp. 162-195, *in*: DURRANT, Michael (ed.). *Aristotle's De Anima in focus*. London: Routledge, 1993.
- SPICER, E. E. *Aristotle's conception of the soul*. London: University of London Press, 1934.
- TEIXEIRA, Joaquim. Alma. Vol. 1, pp. 151-174 em: *Logos. Enciclopédia Luso-Brasileira de Filosofia*. Lisboa: Verbo, 1989.
- VIRIEUX-REYMOND, Antoinette. Quelques remarques a propos de la psychologie dans l'Antiquité grecque. *Revue de Synthèse* [3] **83**: 113-133, 1962.
- WHEELER, L. Richmond. *Vitalism: its history and validity*. London: H.F. & G. Witheby, 1939.
- WIJSENBEEK-WIJLER, H. *Aristotle concept of soul, sleep and dreams*. Amsterdam: Adolf M. Hakkert, 1978.

Darwinismo universal de dominio de aplicación restringido*

Santiago Ginnobili**

1 INTRODUCCIÓN

En este trabajo trataré la cuestión del dominio de aplicación de la teoría de la selección natural (TSN en adelante). La tesis principal es que tal dominio no es universal. Se puede dividir esta cuestión en dos. Una se refiere al dominio de aplicaciones exitosas, las aplicaciones que ya se ha mostrado que caen bajo la teoría. Otra alternativa es discutir acerca del dominio de aplicaciones pretendidas, las aplicaciones, exitosas o no, a las que se pretende aplicar la teoría. Mi tesis es la más fuerte posible: el dominio de aplicaciones pretendidas de TSN no es universal.

En 2 analizaré qué significa que una teoría tenga dominio de aplicación universal. En 3 intentaré mostrar que la teoría de la selección natural no tiene dominio universal en este sentido. En 4 presentaré la posición de Darwin al respecto del dominio de la teoría de la selección natural. En 5 defenderé que el hecho de que la teoría de la selección natural no tenga dominio universal nos lleva a preferir herramientas semanticistas para reconstruirla. Finalmente, en 6, presentaré un sentido relevante en el que, pese a que la teoría de la selección natural no tiene dominio de aplicación universal, puede considerarse universal.

* Agradezco los comentarios de Pablo Lorenzano y Daniel Blanco a versiones previas de este trabajo.

** Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Estudiante de Doctorado. Güemes 4258 3ºb, Buenos Aires, Argentina (CP. C1425BLB). E-mail: santi75@gmail.com

2 DOMINIO DE APLICACIÓN UNIVERSAL

¿Qué significa que una teoría tenga un dominio de aplicaciones pretendidas universal? (en adelante me referiré al dominio de aplicaciones pretendidas simplemente como “dominio de aplicación”). No responderé esta cuestión de manera completa, sino más bien ofreceré una caracterización que me permita seguir adelante con la discusión, es decir, no buscaré una definición de lo que significa que una teoría tenga dominio de aplicación universal, sino meramente una caracterización muy débil. Incluso con una caracterización tan débil como la que ofreceré no se podrá sostener que la teoría de la selección natural tiene dominio de aplicación universal.

La forma proposicional más universal posible es la que consta de un cuantificador universal que corre sobre el dominio de objetos completo sin especificar:

$$\forall xPx$$

Pero también llamamos universales a aquellos enunciados en donde se predica cierta propiedad de cierta clase de objetos:

$$\forall x(Px \rightarrow Qx)$$

Es difícil encontrar enunciados verdaderos con el primer tipo de universalidad pero no es difícil encontrar enunciados verdaderos con la segunda clase de universalidad.

Como no se espera habitualmente que las teorías científicas se apliquen a todo el dominio de sistemas empíricos, sino sólo a los de cierta clase, podemos esperar que la universalidad del dominio de aplicación de una teoría sea del segundo tipo. Es decir, una teoría tiene dominio de aplicación universal si se aplica en cierta clase de sistemas sin excepción. Es fácil ver, sin embargo, que toda teoría científica cumpliría con este requisito, pues toda teoría se aplica sin excepción en la clase de sistemas en las que se aplica. Es necesario establecer algún tipo de condición más que permita caracterizar algún sentido no trivial de universalidad de dominio de aplicación.

Propongo lo siguiente: el dominio de aplicaciones pretendidas de una teoría T es universal si el enunciado ‘ T se pretende aplicar en todos los casos X ’ no es trivial, no es analítico y es verdadero. Con que no sea trivial y no sea analítico quiero decir que X designa una clase de sistemas empíricos no arbitraria que tienen alguna propiedad interesante en común más

que el hecho de pertenecer a esa clase y de ser un caso de aplicación pretendida de \mathcal{T} .

Así, podemos decir que la mecánica clásica propuesta por Newton tiene dominio universal si se pretende aplicar a todos los movimientos de todas las partículas. Si sólo pudiéramos decir que es verdadero el enunciado “la mecánica clásica se aplica a todos los movimientos de todas las partículas *clásicas*”, dado que este enunciado es trivial o analítico (puesto que una partícula clásica es una partícula cuyos movimientos pueden ser tratados con la mecánica clásica), la mecánica clásica no tendría dominio universal.

La cuestión de si la teoría de la selección natural tiene dominio universal puede ser planteada, si se me acepta esta caracterización, del siguiente modo:

¿Qué podemos poner en lugar de X para que el enunciado “la teoría de la selección natural se pretende aplicar en todos los casos X ” sea no trivial, sintético y verdadero?

Intentaré mostrar que intentar retener la universalidad del dominio de aplicación de la teoría de la selección natural lleva a presentarla de manera inadecuada.

3 EL DOMINIO DE LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL NO ES UNIVERSAL

Comencemos planteando la posibilidad más sencilla, que consiste en considerar que en el lugar de X hay que poner cierta clase de organismos vivos. “ X ” designaría entonces a una clase de organismos vivos que cumplen ciertas características independientes de evolucionar por selección natural. Por ejemplo, podríamos sostener que X designa a toda población en la que haya variación entre los organismos y en la que haya una tendencia de los organismos a heredar sus rasgos. O de manera un tanto más

¹ Insisto en que esta caracterización es muy débil y sólo funcional a la argumentación del trabajo. Normalmente se ha exigido mucho más en las discusiones clásicas acerca de la universalidad de las leyes científicas. Pero esto hace mi argumentación mucho más fuerte. Si no puede ser cumplido un requerimiento tan débil como este, los criterios estándares más exigentes tampoco podrán ser cumplidos. Por otro lado, en la filosofía de la ciencia clásica esta cuestión se ha tratado en la discusión de la forma de las leyes universales en un marco estrictamente enunciativista. Mi tratamiento del dominio de la teoría de la selección natural pretende no sólo ser compatible con posiciones semanticistas, sino además, como se verá más adelante en este artículo, otorgar razones para preferir una reconstrucción semanticista de la teoría de la selección natural a una enunciativista.

sofisticada, basándonos en una idea de Richard Dawkins (Dawkins, 1983), podríamos considerar x como toda población de desarrollo epigenético (en las que la relación entre fenotipo y genotipo se asemeja más a la relación entre una torta y su receta que a una casa con su plano, y por lo tanto es irreversible) siendo la herencia de caracteres adquiridos imposible².

Considero que esta no es una opción viable puesto que supone una mala comprensión de los componentes de los sistemas a los que la teoría de la selección natural se pretende aplicar. Un caso refutatorio de TSN, en todo caso no sería un *organismo* de cierto tipo que no evoluciona por selección natural, sino un *rasgo* de cierto tipo que no evolucionó por selección natural. Por otro lado, para que el enunciado “todo organismos de cierto tipo evoluciona por selección natural” sea estrictamente universal, habría que interpretarlo como “todo organismo de cierto tipo evoluciona *sólo* por selección natural”. Esto no sería aceptado por ningún biólogo evolucionista para los cuales la selección natural es uno de varios mecanismos evolutivos posibles. Como veremos en la próxima sección, tampoco sería aceptado por Darwin.

Es necesario, por lo tanto, determinar mejor el dominio de aplicaciones de TSN para ver qué puede ir en lugar de x en “ T se pretende aplicar en todos los casos x ”.

Cómo es bien sabido, lo que se pretende explicar con la teoría de la selección natural es la fijación de ciertos rasgos en ciertas poblaciones de organismos. En particular, aquellos rasgos que exhiben un alto grado de adecuación, ajuste o encaje con el ambiente. Llamemos “adecuaciones” a esos rasgos. Dejaré en esta presentación la discusión del concepto de adecuación de lado. Pretendo defender mi punto utilizándolo de manera amplia e intuitiva (rasgos que exhiben complejidad adaptativa, que se encuentran coadaptados con otros rasgos, que realizan una función de manera efectiva, etc.).

Darwin es claro al respecto:

Al considerar el origen de las especies es completamente concebible que un naturalista reflexionando en las afinidades mutuas de los seres vivos, en sus relaciones embriológicas, en su distribución geográfica, en las sujeciones geológicas y otros hechos de este tipo, llegara a la conclusión de que cada

² Esta no es la posición de Dawkins. Me baso en su propuesta para señalar un modo incorrecto en que puede ser planteada la cuestión que nos compete. Más adelante presentaré su posición de manera más ajustada.

especie no ha sido independientemente creada sino que ha descendido, como las variedades, de otras especies. Sin embargo, esta conclusión, aunque bien fundada es insatisfactoria en tanto no se pueda mostrar cómo las innumerables especies que habitan este mundo han sido modificadas hasta adquirir la perfección de estructura y coadaptación que justificadamente tanto excita nuestra admiración. (Darwin, 1859, p. 3)

Consideremos entonces que “ X ” designa una clase de rasgos (los adecuados) de cierto tipo de organismos. Podemos citar como ejemplo de esta posición la de Dawkins (Dawkins, 1983). Él ha defendido que toda adecuación al ambiente de toda población de desarrollo epigenético en todo el universo es una adaptación (entendiendo “adaptación” como un rasgo cuya presencia en una población se debe a la selección natural).

Podemos reformular de nuevo la pregunta acerca del dominio de aplicación de TSN del siguiente modo:

¿Es posible interpretar X como la clase de las adecuaciones de cierto tipo de organismos vivos de modo de que el enunciado “la teoría de la selección natural se pretende aplicar en todos los casos X ” sea verdadero, sintético y no trivial?

Dejando de lado la posibilidad de caracterizar de manera clara de qué tipo de organismos se habla, fácil es ver que el concepto de adecuación no puede quedar con ese nivel de inespecificación. Pues, tal como Stephen Jay Gould y Richard C. Lewontin han señalado, la adecuación podría ocurrir en tres niveles distintos (Gould & Lewontin, 1979):

1. La adecuación fisiológica debida a la plasticidad fenotípica que permite al organismo en su desarrollo ontogénico moldearse a su ambiente.
2. La adecuación cultural.
3. La adecuación con bases genéticas, que sería la que propiamente puede ser tratada como adaptación. Su origen podría deberse a la SN.

En el nivel 1 los rasgos no serían adaptaciones, aunque sí podría serlo la capacidad del organismo a adecuarse al ambiente. En el nivel 2 es discutido si funciona la selección natural. Según Lewontin y Gould, no. Una opción para retener el dominio universal de la teoría sería sostener que toda adecuación del tercer nivel, las determinadas biológicamente, son adaptaciones. Esta movida no estaría disponible para Dawkins, que es un defensor de la memética (disciplina que estudia la evolución por selección natural de los rasgos culturales, es decir, no determinados biológicamente), pero sería, de todos modos, una posición posible.

Hay dos razones por las cuales considero que esta concepción no sería adecuada. Primero, considero artificial, para mantener su dominio univer-

sal, enunciar la teoría de la selección natural de tal modo que todas las polémicas actuales acerca de su dominio de aplicación (ciertas polémicas surgidas en las discusiones acerca del adaptacionismo, acerca del funcionamiento de la selección natural sobre rasgos no determinados biológicamente (memes), acerca de la legitimidad de la sociobiología y acerca de la unidad de selección) se solucionaran *a priori*. Parece ofrecer una mejor elucidación de las disputas actuales acerca del nivel de selección ofrecer una versión de TSN con el dominio de aplicación restringido, de modo que todos los participantes de estos debates estuvieran en desacuerdo sólo en la cuestión de la extensión del campo de aplicación de la misma teoría.

Segundo, ¿qué ocurriría si encontráramos que en un organismo vivo de desarrollo epigenético en este u otro planeta tiene un rasgo adecuado determinado genéticamente que no evolucionó por selección natural? Parece extraño considerar a la teoría de la selección natural refutada. En todo caso, habríamos descubierto otro mecanismo evolutivo que produce adecuación, alternativo a TSN y al diseño inteligente, los únicos conocidos por el momento, que haría la inferencia a la mejor explicación a partir de las adecuaciones, un poco más compleja todavía.

Por este motivo, creo, cuando Gould discute la estructura de la teoría de la selección natural no se limita a señalar los principios que la constituyen sino que señala tres componentes también esenciales a la teoría: agente (*agency*), que sería el nivel de operación de la selección natural (la unidad de selección), eficacia (*efficacy*), fuerza creativa de la selección natural como mecanismo evolutivo (si es capaz de explicar el surgimiento de adecuación al ambiente o se reduce a un mecanismo negativo no creativo) y *alcance* (*scope*), si la selección natural es capaz de explicar el surgimiento de toda la diversidad y complejidad taxonómica sin necesidad de otros mecanismos alternativos (Gould, 2002, pp. 12-15). Claramente estos aspectos tienen que ver con el ámbito de aplicación. La idea de Gould, que yo considero correcta, es que al proponer una estructuración de la selección natural se deberá indicar el campo de aplicación.

4 EL DOMINIO DE LA VERSIÓN DARWINIANA DE LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL

En el caso de la selección natural darwiniana, se pueden dar nuevas razones por las cuales la teoría de la selección natural debe ser reconstruida tomando en cuenta que su dominio de aplicaciones es restringido, pues, para Darwin, existían otros mecanismos evolutivos además de la selección

natural y el diseño inteligente que podrían causar adecuación. La selección natural era el mecanismo principal que producía adecuaciones, pero no el único. Algunas adecuaciones podían surgir por medio del uso y desuso y la herencia de caracteres adquiridos. Normalmente se caracteriza a Darwin como un pluralista al respecto de los mecanismos evolutivos (Gould & Lewontin, 1979). Si bien esto es correcto, creo que hay que ser cuidadoso de no exagerar su pluralismo.

Para entender lo que Darwin pensaba acerca de la extensión del dominio de aplicación de la selección natural, es necesario tener presente que la selección natural no sólo es un *mecanismo evolutivo*, sino que es un *mecanismo evolutivo que produce adecuaciones*. En cuanto a mecanismos evolutivos Darwin era absolutamente pluralista. A lo largo del *Origen* se pueden encontrar sugeridos casi todos los mecanismos evolutivos hoy aceptados (al menos aquellos que no dependen de los conocimientos de la genética posteriores a Darwin) sumada a estos la herencia de los caracteres adquiridos hoy no aceptada. En este sentido hay que entender la famosa frase:

Es más, estoy convencido de que la selección natural ha sido el principal pero no el exclusivo medio de modificación. (Darwin, 1859, p. 6)

Sin embargo, Darwin se encuentra mucho más reacio a aceptar mecanismos evolutivos que incrementen la adecuación. Si bien a veces parece afirmar que ciertos mecanismos como la influencia del ambiente producen adecuaciones, como cuando sostiene que el grosor de la piel o la cantidad de pelo pueden ser causados directamente por las condiciones ambientales y acumulado a lo largo de generaciones por la herencia de caracteres adquiridos (Darwin, 1859, p. 133), no cree que tales mecanismos tengan mucha importancia. En sus propias palabras:

He recapitulado los hechos y consideraciones que me han convencido completamente de que las especies han sufrido modificaciones, durante una serie larga de generaciones. Esto ha sido efecto principalmente de la selección natural de leves variaciones favorables, numerosas y sucesivas; ayudadas en una manera importante por los efectos heredados del uso y desuso de partes; y en una manera poco importante, esto es en relación con las estructuras adaptativas, tanto presentes como pasadas, por la acción directa de las condiciones externas, y las variaciones que parecen para nosotros en nuestra ignorancia, espontáneas. (Darwin, 1872, p. 367)

Es decir, los únicos mecanismos que producen adecuación son la selección natural y la herencia de caracteres desarrollados o disminuidos por el uso y el desuso. Raramente, aunque no dice que nunca, puede ser produci-

da por otros mecanismos. Incluso el uso y desuso, que sí produce adecuación, tiene un ámbito poco extendido, al comiento del *Origen* Darwin afirma lo absurdo de explicar adecuaciones de plantas y parásitos apelando al hábito. Es este hábito de usar o no usar una parte es la que la desarrolla o disminuye por uso y desuso (Darwin, 1859, p. 61). También se puede ver el intento de Darwin en quitar importancia al uso y desuso al intentar explicar por medio de la selección natural la disminución de ciertas partes que dejaron de ser útiles a su portador, apelando a un mejoramiento del aprovechamiento energético (Darwin, 1872, p. 111).

El papel de los distintos mecanismos en el *Origen* no está demasiado claro y se pueden encontrar afirmaciones algo contradictorias entre ellas. Sin embargo creo que se puede hacer una lectura consistente de esto teniendo en cuenta que muchas veces el uso y desuso y la influencia del ambiente aparecen como mecanismos evolutivos alternativos, y otras como causantes de la variación, condición necesaria de la evolución por selección natural.

Por ejemplo, en cuanto a las condiciones ambientales, en la sexta edición Darwin introduce una distinción que en la primera no hacía entre sus efectos. Los efectos de las condiciones ambientales pueden ser definidos o indefinidos (Darwin, 1872, p. 101). Los efectos son definidos cuando todos los organismos sometidos a las mismas condiciones varían del mismo modo, e indefinidos cuando no. Cuando los efectos son definidos, si se mantienen las condiciones de vida, la herencia de caracteres adquiridos podía hacer que la población en cuestión resultara modificada. En este caso las condiciones ambientales actuarían como mecanismo evolutivo, aunque, difícilmente según Darwin, como un mecanismo evolutivo que produzca adecuaciones:

Hay razones para creer que en el curso del tiempo los efectos [de las condiciones ambientales] han sido mayores de los que puedan probarse por evidencia clara. Pero podemos concluir seguramente que las coadaptaciones de estructura innumerables y complejas que vemos a través de la naturaleza entre varios seres orgánicos no pueden ser atribuidas a ellas. (Darwin, 1872, pp. 101-102)

Pero las condiciones de vida también son citadas por Darwin como causa de variación:

Hasta aquí he hablado a veces como si las variaciones tan comunes en los seres orgánicos [...] fuesen debidas a la casualidad. Esto, por supuesto, es una expresión completamente incorrecta, pero sirve para confesar franca-

mente nuestra ignorancia de las causas de cada variación particular. [...] que se dé mayor cantidad de variabilidad, así como mayor frecuencia de monstruosidades, bajo domesticación o cultivo que en la naturaleza, me lleva a pensar que las desviaciones de estructura son debidas de algún modo a la naturaleza de las condiciones de vida. (Darwin, 1859, p. 131)

La mayor importancia que Darwin otorga a las condiciones ambientales en la sexta edición del *Origen* tiene que ver en parte con dejar de pensar que las variaciones individuales pueden servir como fuente para la selección natural, pues éstas se perderían al mezclarse con los otros individuos de la población (Darwin, 1872, pp. 70-71), y no sólo con su subestimación como mecanismo evolutivo.

Muchas de las veces que Darwin está hablando de uso y desuso y efecto de las condiciones ambientales, entonces, está pensándolos como leyes que gobiernan la forma en que los organismos varían, tan desconocida en ese momento, y condición necesaria de la selección natural.

Cualquiera que fuese la causa de cada leve diferencia entre la descendencia y sus padres – y debe existir una causa para cada una de ellas – es la acumulación constante, por la selección natural, de tales diferencias cuando benefician al individuo, la que da origen a todas las modificaciones más importantes de estructura, por las cuales los innumerables seres en la Tierra están posibilitados de luchar unos con otros, y los mejor adaptados pueden sobrevivir. (Darwin, 1859, p. 170)

En este sentido queda clara según Darwin la importancia de la selección natural en tanto mecanismo que produce adecuaciones. Pero también queda claro, y este es el punto que nos compete, Darwin no hubiera considerado refutada TSN porque se encontrara un rasgo adecuado que hubiese evolucionado por otro mecanismo, puesto que, aunque considera que esto no es muy normal, otros mecanismos podrían producirlos. Constituiría un error historiográfico reconstruir la versión darwiniana de TSN con dominio universal o con un marco metateórico que suponga que las teorías tienen un dominio universal.

5 RECONSTRUCCIÓN METATEÓRICA DE LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL

En trabajos anteriores (Ginnobili, 2006a; *idem*, b) critiqué la reconstrucción enunciativista de la teoría de la selección natural como hechos e inferencias (la reconstrucción basada en el argumento que da Darwin en el *Origen* (Darwin, 1859, pp. 80-81) que tiene por hipótesis fundamentales que

los organismos varían, que esas variaciones tienden a heredarse, que el crecimiento de las poblaciones es exponencial y que está acotado (p. e. Mayr, 1982, p. 72). Por supuesto, bien podría ocurrir que esta reconstrucción sea inadecuada, pero que exista la posibilidad de ofrecer una reconstrucción enunciativista alternativa adecuada. No pretendo demostrar la no existencia de tal reconstrucción, creo que tal prueba sería imposible, pero voy analizar algunas razones por las cuales considero que herramientas de las metateorías semanticistas serían más adecuadas.

Algunos autores han señalado la imposibilidad de reconstruir enunciativamente las teorías en biología por la imposibilidad de encontrar leyes universales biológicas. Por ejemplo Beatty señala que dada la contingencia de los sucesos biológicos, es imposible encontrar leyes en biología que soporten contrafácticos (Beatty, 1980). Beatty considera, creo que correctamente, que dada la existencia de enfoques alternativos a la concepción enunciativista, el que no podamos encontrar leyes tal como eran conceptualizadas en la concepción heredada en biología puede ser considerado, en lugar de una falencia de la biología, como una falencia de la concepción heredada. Algunos autores han señalado que esto no ocurre únicamente en Biología, sino que ocurre con casi todas las teorías científicas pertenecientes a las más diversas disciplinas (p. e. Lorenzano, 1998). Quisiera proponer una razón distinta pero relacionada con ésta para optar por reconstrucciones semanticistas en el caso de la selección natural.

En la concepción enunciativista, el dominio de aplicación de las teorías es universal. Esto se refleja en la exigencia tradicional de que las leyes no hagan referencia a entidades particulares ni estén restringidas espaciotemporalmente. Aunque se rechace este tipo de caracterización de las leyes, de todos modos, las teorías, en el enfoque enunciativista, tienen un dominio de aplicación universal. TSN, tanto en su versión darwiniana como en sus versiones actuales, como he estado defendiendo, no³.

Las metateorías semanticistas suelen coincidir en señalar que las teorías no tienen necesariamente aplicación universal, y por lo tanto es posible quitar del dominio de aplicación a un caso refutatorio (p. e. Balzer, Moulines & Sneed, 1987; Cartwright, 1983; Giere, 1979). Sólo serían refutables las aserciones empíricas que dicen que cierto sistema empírico pertene-

³ Dejo de lado la cuestión de si todas o casi todas las teorías científicas se enfrentan con este mismo problema. El tema de este trabajo no es la concepción enunciativista, sino la selección natural.

ciendo al campo de aplicación de la teoría, constituye una aplicación exitosa de ésta. En sentido derivativo se podría considerar a una teoría refutada si todas sus aserciones empíricas resultan refutadas. En consecuencia, si no se señala el campo de aplicaciones pretendidas de una teoría, y esto comporta un inevitable elemento pragmático, la formulación de la teoría está incompleta, no podemos saber dónde se aplica. Esto refleja la intuición de que si se descubriera que un organismo vivo en este o algún otro planeta, no adquirió determinado rasgo adecuado por selección natural sino por algún otro mecanismo, no la consideraríamos refutada. Simplemente un sistema que se creía que caía dentro del campo de aplicación de la teoría no lo hacía.

La afirmación de que no es posible reconstruir enunciativamente TSN puede parecer absolutamente falsa, sin embargo, si se considera que una de las reconstrucciones más exhaustivas existentes, la de Mary B. Williams, es presentada como enunciativista. Según su punto de vista, que ha expresado en varias publicaciones, la teoría de la selección natural puede ser considerada un sistema hipotético-deductivo de las mismas características que las teorías físicas (Williams, 1970; 1973a; 1973b; 1980). Sin embargo cuando nos acercamos a su reconstrucción, por cierto muy interesante, teniendo en mente la cuestión del dominio de aplicación, podemos notar en qué sentido tal reconstrucción se aleja de las reconstrucciones enunciativistas tradicionales. Esto puede ser considerado otro argumento a favor de las tesis de que el dominio de aplicación de la teoría de la selección natural no es universal. No discutiré la adecuación de la reconstrucción de Mary Williams, aunque sí, como quedará claro, señalaré que no tiene claro el estatus de las herramientas que está utilizando. De ningún modo puede considerarse su propuesta hipotético-deductivista en sentido tradicional.

Como se puede notar, la enunciación informal que hace del siguiente enunciado de la selección natural parece tener forma universal:

Axioma D4: Considere el subclan D_1 del clan D . Si D_1 es superior en aptitud al resto de los D por las generaciones suficientes (la cantidad de generaciones dependerá del tamaño de D_1 y de los superior en aptitud que sea) entonces la proporción de D_1 en D se incrementará durante esas generaciones. (Williams, 1970, p. 362)

El axioma D4 es una versión de lo que podría considerarse la ley fundamental de la teoría de la selección natural. La enunciación aparentemente universal de este principio parece incompatible con las creencias normales acerca de la selección natural. No siempre que un grupo de individuos es

superior en aptitud al resto, dejará más descendencia, pues puede haber otras fuerzas evolutivas en juego, puede ser que los efectos de la selección natural se vean contrarrestados por la deriva génica, por el flujo génico de otras poblaciones, etc. Sin embargo Mary Williams no es tan ingenua al respecto. Su axiomatización parte de términos primitivos cuyo significado está únicamente delimitado por los axiomas (lo que algunos caracterizarían como “definidos implícitamente”). Esto, por supuesto, delimita en cierta medida sus posibles interpretaciones. La axiomatización presenta los axiomas de manera abstracta y para poder hacer predicciones, sostiene Mary Williams, es necesario interpretar estos términos primitivos de modo que se transformen en enunciados acerca del ‘mundo real’ (Williams, 1970, p. 372). El dominio de aplicación de la teoría únicamente quedaría fijo si se ofreciera las posibles interpretaciones de los términos primitivos, cosa que no ofrece. Únicamente propone lo que dentro del programa estructuralista son llamados axiomas de interpretación (Moulines, 1991). Enunciados que no sirven para determinar el campo de aplicación de la teoría, sino para que la persona que está leyendo la estructura tenga una idea del significado de los conceptos introducidos de manera formal. Tales axiomas no forman parte de la teoría. La primer parte de la axiomatización de Williams pretende caracterizar el concepto de biocosmos a partir de los términos primitivos “entidad biológica” y la relación “es padre de”. A partir de éstos, más adelante define rigurosamente “clan” que aparece en el axioma D4 citado. Si tuviéramos preestablecidas las posibles interpretaciones de estos conceptos primitivos, y de otros que más adelante se introducen, tendríamos establecido semánticamente el dominio de aplicación de la teoría. Pero Mary Williams no hace eso. Sólo dice que el concepto de entidad biológica puede ser interpretado como gen en algunos casos, como organismo en otros, etc. Pero no dice más que eso y estas afirmaciones, como decía, no son parte de la teoría. Si tenemos en cuenta únicamente lo que Mary Williams propone como la teoría de la selección natural, habrá innumerables interpretaciones que harán a los axiomas verdaderos por fuera de la biología, por lo cual tal axiomatización no sólo no especifica el dominio de aplicación de la teoría, sino que ni siquiera permite vislumbrar su especificidad como teoría biológica (Flematti Alcalde, 1984, p. 75).

La teoría de la selección natural sólo se vuelve refutable si se establece cuál es su dominio de aplicación. Tal establecimiento, dado que el dominio de aplicación de las teorías ni siquiera pretende ser universal, como veíamos en los párrafos anteriores, sólo puede hacerse de manera pragmática. Curiosamente, para alguien que pretende estar realizando una recons-

trucción enunciativista clásica, Mary Williams parece tener esto en cuenta cuando como ejemplo de predicciones a partir de la teoría evolutiva de la selección natural propone la experiencia crucial entre los dos mecanismos de especiación: la especiación alopátrica y la simpátrica. En los dos casos de especiación se produce una divergencia en el interior de la población por presiones selectivas diferentes, que se incrementa con el paso de las generaciones hasta dividir la población en especies distintas. Lo que los diferencia es que en el caso de la especiación alopátrica durante el proceso de especiación completo un miembro de la población nunca se topa con otro miembro de la población con el que podría tener descendencia, normalmente esto ocurre por la separación de la población por la acción de barreras geográficas. Las dos predicciones que permiten decidirnos entre los dos tipos de especiación son, según Mary Williams, las siguientes:

Predicción A: Si la especiación alopátrica es el modo prevaleciente, entonces la mayoría de los pares de especies incipientes en la actualidad no se solaparán en sus rangos de dispersión.

Predicción B: Si la especiación simpátrica es la prevaleciente, entonces menos de la mitad de los pares de especies incipientes en la actualidad no se solaparán en su rango de dispersión. (Williams, 1973a, p. 521)

Como se puede ver, la única forma de realizar una experiencia crucial es determinando el campo de aplicación de ambos mecanismos (dicho sea de paso, la forma en que se delimitan en las predicciones mencionadas parece bastante artificial y arbitraria). Evidentemente estos modelos de especiación no son universales, sino que se supone que ambos tienen un funcionamiento en la naturaleza. La disputa es acerca del alcance de ese funcionamiento. Lo mismo ocurre con la selección natural. Mary Williams no se da cuenta de que con estas enunciaciones se está saliendo de los cánones establecidos de la concepción enunciativista tradicional. Si quisiera tratar de explicitar el dominio de aplicación de estas teorías, considero que le sería más útil optar por herramientas semanticistas que toman en cuenta dicha problemática.

Puede resultar ilustrativa la discusión que Mary Williams y Alexander Rosenberg (quien defiende esta axiomatización) han mantenido con Elliott Sober acerca del axioma D5 (Sober, 1984, p. 381; Williams & Rosenberg, 1985, pp. 747-748):

D5: En cada generación m de un subclan darwiniano que no está al borde de la extinción, hay un subclan D_1 tal que: D_1 es superior al resto de los D

lo suficiente como para asegurar que D_1 crecerá relativamente a D ; y en tanto D contenga entidades biológicas que no están en D_1 , D_1 retendrá suficiente superioridad como para asegurar el crecimiento posterior relativos a D . (Williams, 1970, p. 367)

Este axioma, que a primera vista puede parecer algo oscuro, señala que tiene que haber suficientes diferencias hereditarias en la aptitud (fitness) para que funcione la selección natural, es decir, señala la necesidad de variación suficiente.

Sober, en el mismo espíritu de lo que yo ya afirmé del axioma D4, señala que el axioma D5 es demasiado fuerte. Tal como está enunciado, sostiene Sober, parece estar afirmándose esto de cada generación de cada población que no está al borde de la extinción, lo cual constituye, ciertamente, una falsedad. Williams y Rosenberg dan dos respuestas a esta crítica. La primera, un tanto esquiva, señala que el axioma no se refiere a toda población sino sólo a poblaciones que son partes de clanes darwinianos, cosa no demasiado aclaratoria puesto que consideran “clan darwiniano” un primitivo para el cual no dan condiciones operacionales de aplicación de ningún tipo. La segunda respuesta resulta más interesante para mi propósito, y puede servir para entender la respuesta anterior:

No es cierto que Williams “asuma que debe haber variación en cada generación”. Ella cree con Darwin, que debe haber variación en cada generación en la cual la evolución por selección natural ocurre. (Williams & Rosenberg, 1985, p. 747)

Evidentemente el axioma D5 no es universal. ¿Por qué es planteado como si lo fuera? Considero que la interpretación más caritativa de lo que Williams tiene en mente, de otro modo con Sober simplemente habría que rechazar la axiomatización por inadecuada, es que tales axiomas, el D4 y el D5, son verdaderos, en todo caso, en todos sus modelos, es decir, esta axiomatización permitiría atrapar una familia de modelos de los cuales algunos podrían ser aplicados a sistemas empíricos. Otra vez, parece que esta concepción se aleja de las metateorías enunciativistas más clásicas.

Nótese que no estoy diciendo que la reconstrucción sea incorrecta o inadecuada, sino que Mary Williams se equivoca al tildar a su reconstrucción como enunciativista o hipotético-deductiva. Lo que quiero resaltar aquí es que ni siquiera en la reconstrucción enunciativista (o que se pretende enunciativista) por lejos más acabada de la teoría de la selección natural no se encontró el modo de plantear la teoría como teniendo un dominio universal.

6 UNIVERSALIDAD DE LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL

Creo que es importante señalar que con la falta de universalidad en el dominio de la selección natural no me estoy refiriendo a que esté restringida espacio-temporalmente, ni nada por el estilo. Es más, considero que es posible desligar la cuestión de el dominio de aplicación de la teoría de la selección natural de su universalidad. Es posible elucidar lo que probablemente estén pensando aquellos que, como Dawkins, defienden la universalidad de TSN. Ronald Munson señala tres condiciones que debe cumplir una teoría para ser universal (Munson, 1975, p. 429). La carencia de una de ellas la haría provincial. Estas características son:

1. No está explícitamente o implícitamente restringida en su alcance o rango de aplicaciones a cierta región espacio-temporal
2. No contiene nombres individuales ni constantes individuales.
3. Se sostiene sobre evidencia de la cantidad y diversidad suficiente como para hacerla aceptable y confiable fuera de la situación en la cual fue originalmente formulada y confirmada.

Dadas estas condiciones, parece que la teoría de la selección natural no es una teoría provincial. Nunca nadie ha reconstruido ni formal ni informalmente a TSN incluyendo constantes individuales o con alguna restricción a cierta región espacio-temporal. La tercera condición no la discutiré aquí, pero creo que es razonable afirmar que se cumple. De las condiciones mencionadas, la que tiene que ver con el dominio de aplicación es la primera. Muchos discuten el que la selección natural tenga o no dominio universal (lo mismo se puede decir de otras teorías de la biología) teniendo en mente únicamente la cuestión de si están restringidas a las Tierra o no (Dawkins, 1983; Munson, 1975). John Jamieson Carswell Smart, por ejemplo, considera que en biología no hay leyes porque implícitamente están restringidas en todos los casos al planeta Tierra (Smart, 1963, p. 54). La afirmación que yo hago de que la selección natural no tiene un dominio universal no depende de la existencia y la forma en que evolucionan organismos extraterrestres. Simplemente afirmo, vuelvo a repetir, que de encontrarse un organismo lamarckiano, que evoluciona por una tendencia interna a la complejidad y la herencia de caracteres adquiridos, ningún biólogo consideraría a la teoría de la selección natural refutada. El alcance del campo de aplicación de la teoría de la selección natural es desconocido y es parte de lo que se quiere descubrir. De ningún modo está determinado a

priori por la sintaxis y la semántica referencial de los términos que figuran en ella.

Alguien con creencias metateóricas arraigadas, dentro de las cuales se encuentre la universalidad del dominio de aplicación de las teorías científicas, puede tomar la decisión audaz de considerar que la teoría de la selección natural no es una teoría científica. Considero más precavido aceptar que nuestro conocimiento biológico es mucho más sólido que nuestro conocimiento acerca de la naturaleza de las teorías científicas. Con Beatty, creo que si nuestro marco metateórico no puede dar cuenta de la naturaleza de la teoría de la selección natural, es infinitamente menos costoso y definitivamente más cauteloso, dudar acerca de nuestro marco que de ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALZER, Wolfgang; MOULINES, Carlos Ulises; SNEED, Joseph D. *An architectonic for science: the structuralist program*. Dordrecht, Lancaster: Reidel, 1987.
- BEATTY, John. What's wrong with the received view of evolutionary theory? *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 2: 397-426, 1980.
- CARTWRIGHT, Nancy. *How the laws of physics lie*. Oxford: Clarendon Press, 1983.
- DARWIN, Charles. *On the origin of species by means of natural selection*. London: John Murray, 1859.
- . *The origin of species*. 6th ed. London: John Murray, 1872.
- DAWKINS, Richard. Universal Darwinism. Pp. 403-428, *in*: BENDALL, D. S. (ed.). *Evolution from molecules to men*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- FLEMATTI ALCALDE, Jorge Gabriel. *Reconstrucción lógica de teorías empíricas, el caso de la hidrodinámica de fluidos ideales*. México: UNAM, 1984.
- GIERE, Ronald N. *Understanding scientific reasoning*. New York: Holt Rinehart and Winston, 1979.
- GINNOBILI, Santiago. La selección natural como conjunto de hechos e inferencias. Pp. 266-275, *in*: AHUMADA, José; PANTALONE, Marzio; RODRIGUEZ, Victor (eds.). *Epistemología e historia de la ciencia. Selección de trabajos de las XVI Jornadas*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2006 (a).
- . *La teoría de la selección natural darwiniana*. Tesis de licenciatura. Universidad de Buenos Aires, 2006 (b).

- GOULD, Stephen Jay. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, MA: Belknap, 2002.
- GOULD, Stephen Jay; LEWONTIN, Richard C. The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London* **205**: 581-598, 1979.
- LORENZANO, Pablo. Sobre las leyes en la biología. *Episteme. Filosofia e História das Ciências em Revista* **3**: 261- 272, 1998.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.
- MOULINES, Carlos Ulises. *Pluralidad y recursión*. Madrid: Alianza Universidad, 1991.
- MUNSON, Ronald. Is biology a provincial science? *Philosophy of Science* **42**: 428-447, 1975.
- SMART, John Jamieson Carswell. *Philosophy and scientific realism*. London: Routledge and Kegan Paul, 1963.
- SOBER, Elliott. Fact, fiction, and fitness: a reply to Rosenberg. *The Journal of Philosophy* **81**: 372-383, 1984.
- WILLIAMS, Mary B. Deducing the consequences of evolution: a mathematical model. *Journal of Theoretical Biology* **29**: 343-385, 1970.
- . Falsifiable predictions of evolutionary theory. *Philosophy of Science* **40**: 518-537, 1973 (a).
- . The logical status of the theory of natural selection and other evolutionary controversies. Pp. 343-385, *in*: BUNGE, Mario (ed.). *The methodological unity of science*. Dordrecht: Reidel, 1973 (b).
- . Similarities and differences between evolutionary theory and the theories of physics. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* **2**: 385-396, 1980.
- WILLIAMS, Mary B.; ROSENBERG, Alexander. 'Fitness' in fact and fiction: a rejoinder to Sober. *The Journal of Philosophy* **82**: 783-749, 1985.

Mestiçagem e eugenia: um estudo comparativo entre as concepções de Raimundo Nina Rodrigues e Octavio Domingues

Waldir Stefano*
Márcia das Neves**

1 INTRODUÇÃO

Francis Galton (1822-1911), primo de Charles Darwin, cunhou o termo “eugenia” (*eugenics*) em 1883 (Galton, 1883, p. 24-25; Farrall, 1979, p. 111). Para ele, a eugenia era a ciência do melhoramento da hereditariedade humana. Entretanto, a idéia do melhoramento da espécie humana já existia desde a Antiguidade e aparece em várias obras que integram o chamado *Corpus Hippocraticum*.

Para Galton, este melhoramento não implicava apenas na eliminação de doenças mas também na seleção de características favoráveis a partir do encorajamento de determinadas uniões (Allen, 1978, p. 227; Martins, 1999, p. 83). Entre outras coisas, Galton desenvolveu estudos em bioestatística, geografia, antropometria e eugenia, nos quais valorizava as evidências quantitativas. Este cientista considerava que as características físicas, mentais e morais eram herdadas (Galton, 1883, pp. 24-25; Farrall, 1979, p. 111; Castañeda, 1998, p. 24).

De modo geral, pode-se dizer, que o movimento eugenista teve início no final do século XIX, difundindo-se principalmente durante as primeiras

* Universidade Presbiteriana Mackenzie; Universidade Cruzeiro do Sul; doutorando do Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP). E-mail: stefano@mackenzie.com.br

** Mestranda da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP); bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES). E-mail: marcia-n@uol.com.br

décadas do século XX em diversos países como Estados Unidos, Grã Bretanha, Alemanha, França, Rússia e Brasil. Esse movimento, segundo Nancy Stepan, associava-se a congressos, legislação da saúde infantil e da família, doenças, debates sobre medicina legal e o papel do Estado em relação ao casamento (Stepan, 1985, pp. 353-355; Stefano, 2001, pp. 7-8). Seu enfraquecimento se deu perante a sociedade e o meio científico por sua relação com políticas sociais racistas. O geneticista brasileiro Bernardo Beiguelman considera esta associação como um dos fatores que contribuíram para o desinteresse pela genética humana no Brasil, no período anterior a 1950 (Beiguelman, 1979, p. 1199).

O chamado movimento eugênico em nosso país teve como um de seus principais personagens o médico Renato Ferraz Kehl (1889-1974). Ele foi um importante “propagandista do movimento brasileiro pela eugenia” bem como um dos fundadores da Sociedade Eugênica de São Paulo (1918), situada nas dependências da Faculdade de Medicina (Castañeda, 1997, p. 253).

De acordo com Stepan, no Brasil o movimento eugênico se caracterizou por apresentar dois enfoques: o “lamarckista”, que teve como um de seus principais representantes Kehl e o “mendeliano” adotado pelo agrônomo Octávio Domingues (1897-1972) (Stepan, 1985, p. 362). Através do periódico *Boletim de Eugenia*, do qual Kehl era diretor e redator, os eugenistas brasileiros puderam tratar os assuntos eugênicos com maior abrangência. Porém, ele circulou por pouco tempo, de 1929 a 1931 (Stepan, 1985, p. 359-360).

Durante o governo de Getúlio Vargas, segundo Stepan, foi criada uma Comissão Brasileira de Eugenia com o intuito de levar a questão da eugenia à Assembléia Constituinte principalmente no que se referia à imigração (Stepan, 1985, p. 362). Havia ainda a intenção de criar um Instituto Brasileiro de Eugenia para coletar dados, fazer pesquisas, auxiliar o governo e, entre outras coisas, educar de maneira eugênica a população do país (Anônimo, 1931, p. 6).

Como em outros países, no Brasil aconteciam também encontros específicos sobre eugenia. Nesses encontros se discutia, por exemplo, o controle do nascimento, a educação eugênica, a mistura racial, a degeneração da raça, o alcoolismo, as taras, etc. Havia também concursos de eugenia nos quais se levava em consideração exames laboratoriais, o inquérito familiar e a genealogia dos participantes. Os médicos do serviço sanitário participavam da comissão julgadora (Anônimo, 1929, p. 6; Stefano, 2001, p. 8).

O objetivo deste artigo é comparar o pensamento de dois eugenistas brasileiros: o médico Raimundo Nina Rodrigues (1862-1906) e o engenheiro agrônomo Octavio Domingues (1897-1972), no que se refere ao papel da mestiçagem na formação do povo brasileiro. Alguns estudos historiográficos sugerem que ambos adotaram posições diferentes em relação ao assunto.

Embora exista certa distância em termos cronológicos em relação às contribuições dos dois eugenistas, acreditamos que este estudo, que levará em conta as especificidades características de seus respectivos contextos, possa contribuir para o esclarecimento da construção do pensamento eugênico no Brasil.

2 AS CONCEPÇÕES DE NINA RODRIGUES

Nina Rodrigues (Figura 1), médico nascido no Maranhão, estudou na Faculdade de Medicina da Bahia e participou da direção do periódico *Gazeta Médica da Bahia* no qual publicou vários artigos sobre higiene pública (Corrêa, 1998, p. 319). Obteve, em 1889, a cadeira de clínica médica em concurso na Faculdade de Medicina da Bahia. Em um conjunto de artigos sobre os mestiços incluiu uma classificação racial. Na reforma do ensino médico, em 1891, passou a ocupar a cadeira de medicina pública. Junto a outros médicos, ao assumir a cadeira de medicina legal em 1895, Rodrigues fundou a Sociedade de Medicina Legal da Bahia e também a revista *Medico Legal da Bahia* (Corrêa, 1998, p. 327). Seu crescente interesse pela medicina legal e a patologia da população brasileira ligada à raça resultou em publicações de artigos que mais tarde compuseram seus livros.

No que se refere às raças humanas, Nina Rodrigues acreditava na importância de se definir com maior rigor raças puras primitivas e raças cruzadas, bem como de diferenciá-las. Ele classificou como raças puras a branca, a negra e a vermelha. Argumentou ainda que nenhuma raça mestiça poderia figurar ao lado delas (Rodrigues, 1890, p. 402).

Nina Rodrigues considerava que a classificação das raças adotada nos trabalhos médicos da época (branca, parda e preta) era artificial e arbitrária já que incluía no mesmo grupo os mestiços de todas as raças (Rodrigues, 1890, pp. 498-500).

Partindo do pressuposto de que as raças humanas eram muito distintas e desiguais, Nina Rodrigues era contra o cruzamento entre elas. Para ele, como esses cruzamentos envolviam organismos afastados na hierarquia

zoológica produziriam descendentes híbridos, ou seja, inférteis, e ainda com degeneração psíquica. Vejamos seu argumento:

Tem-se afirmado, é exato, que o cruzamento das raças ou espécies humanas não dão híbridos.

Mas os fatos demonstram que se ainda não está provada a hibridez física, certos cruzamentos dão origem em todo caso a produtos morais e sociais, evidentemente inviáveis e certamente híbridos. (Rodrigues, 1890, pp. 132-133)

Quanto à formação do povo brasileiro encontramos evidências de que Nina Rodrigues adotava uma posição favorável ao “branqueamento”, questão que viria a ser bastante discutida décadas mais tarde. De acordo com sua visão do mecanismo de herança (com mistura) o mestiçamento provocaria uma diluição dos elementos antropológicos puros. Isso ainda acarretaria degeneração. Esse fator era bastante preocupante para Nina Rodrigues, pois esses indivíduos, os mestiços, teriam uma limitação orgânica em relação à civilização. Procurando justificar seu pensamento a esse respeito, mencionou o princípio *natura non facit saltus* que, segundo ele, aparecia na obra de Lineu (Rodrigues, 1894, pp. 30-32).

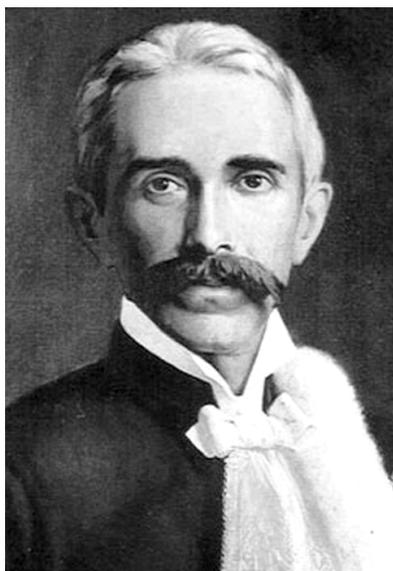


Figura 1. Raimundo Nina Rodrigues (imagem do *Wikimedia Commons*).

O eugenista brasileiro aplicou o dito acima apresentado à idéia de que uma população selvagem não se civiliza no decorrer de uma única geração, nem de maneira forçada. Essa mudança necessitaria de tempo geológico. Sendo assim, as modificações nas espécies são lentas e graduais. Ele explicou ainda que haveria um aumento de complexidade da massa cerebral que os povos selvagens ainda não tinham alcançado (Rodrigues, 1894, p. 30). Argumentou que isso “era comprovado” pelo desaparecimento das civilizações do México e do Peru em contraposição à civilização “mais polida e mais adiantada”, a européia (Rodrigues, 1894, p. 33).

No parágrafo anterior, aparece a idéia de uma evolução orgânica lenta e gradual que acompanha as mudanças geológicas como defenderam Lamarck e Darwin. Entretanto, o desaparecimento das civilizações pré-colombianas no México e Peru certamente não se deu devido à evolução orgânica mas sim à sua conquista e dizimação já que, sob muitos aspectos, os pré-colombianos eram culturalmente superiores a seus colonizadores.

Nina Rodrigues tinha uma visão bastante pessimista em relação à presença do negro na sociedade, o que transparece no trecho que se segue:

Se o futuro do Brasil dependesse de chegarem os seus negros ao mesmo grau de aperfeiçoamento que os brancos, muitas vezes se poderiam transformar antes os seus destinos de povo, se é, que algum dia se houvesse de realizar. Ocorre, portanto, demonstrar que de fato nessa morosidade reside o ponto fraco da civilização dos negros. (Rodrigues, 1935, p. 393)

A partir da leitura de várias obras de Nina Rodrigues pudemos perceber indícios de sua preocupação com a crescente imigração de povos “brancos” para o Sul do país, que se relacionava à amenidade do clima na região. Ele acreditava que futuramente essa população branca predominaria e até poderia se tornar independente das outras regiões do país. Já a situação na região Norte do país era, a seu ver, mais preocupante, pois os povos brancos tinham deixado de imigrar para essa região. O povo que lá estaria se constituindo teria muito pouco dos elementos antropológicos das raças primitivas tornando-se, como ele nomeou, por exemplo, genuinamente maranhense¹, e não mestiços (Rodrigues, 1890, p. 501). Não há menção à imigração de japoneses pois estes só vieram para o Brasil anos mais tarde.

¹ Nina Rodrigues alegava que por terem seus descendentes mais de uma geração sem cruzamento com tipos “puros”, os maranhenses não seriam considerados mestiços. Mestiços, em sua concepção, resultariam do cruzamento entre elementos das “raças puras”.

Nina Rodrigues fez observações acerca da origem dos negros que chegaram ao Brasil por força do tráfico. Analisou vários documentos e registros referentes à sua procedência, distribuição desigual no país, religiosidade, língua, arte, ao seu folclore e às insurreições que realizaram (Rodrigues, 1935). A partir disso, passou a analisar o que chamou de capacidade cultural do negro e o seu valor para a sociedade. Fez então afirmações categóricas sobre quão negativa considerava a mestiçagem. Chegou mesmo a mencionar que a razão da nossa inferioridade como povo seria sempre considerada pela influência da raça negra em nossa formação apesar dos serviços que esta pudesse ter prestado ao país (Rodrigues, 1935, pp. 23-24).

Em seus estudos Nina Rodrigues fez uso de termos que aparecem nos trabalhos de Francis Galton, o que poderia ser um indício de que ele seguia suas idéias. Por exemplo, quando se referiu aos mestiços que escondem os ‘germens da decadência’, poderia ter relação com os “elementos hereditários latentes” da Lei de Galton (Bulmer, 1998, p. 579). A idéia de diluição dos caracteres antropológicos poderia estar associada à “lei da hereditariedade ancestral” de Galton (Galton, 1879). A aceitação de que a inteligência seria uma característica herdável também remete às idéias de Galton. Porém, Nina Rodrigues não fez referência a esses trabalhos.

Nina Rodrigues valorizou muito mais os caracteres morfológicos do que a genealogia dos indivíduos. Não há uma preocupação de sua parte em fundamentar sua tese nos conhecimentos acerca do mecanismo da hereditariedade existentes na época. Seu ponto de vista é que a questão da inferioridade de algumas raças não está em discussão. Para ele isso está comprovado em fatos. Entretanto, ele não explicou que fatos são esses.

Quanto à questão da mestiçagem, sua opinião se tornou menos radical em seu trabalho sobre os negros colonizadores, como disse, pois colocou em discussão a possibilidade da mestiçagem amenizar a inferioridade da raça negra. Este aspecto não está presente em seus trabalhos anteriores:

O que importa ao Brasil determinar é o quanto de inferioridade lhe advém da dificuldade de civilizar-se por parte da população negra que possui e se de todo fica essa inferioridade compensada pelo mestiçamento, processo natural por que os negros se estão integrando ao povo brasileiro, para a grande massa da sua população de cor. (Rodrigues, 1935, pp. 391-392)

No entanto, vale ressaltar que mesmo nessa afirmação ele está se referindo à raça negra como inferior e que a mestiçagem com a raça branca diminui a inferioridade da negra.



Figura 2. Octavio Domingues, por volta de 1936 (fotografia reproduzida a partir da obra de Aristeu Mendes Peixoto, *História da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, p. 41).

Podemos perceber nas idéias de Nina Rodrigues, de um modo geral, certa semelhança com as idéias de Kehl (posteriores) no sentido de que ambos viam a mistura de raças diferentes como algo negativo que poderia ocasionar a degeneração do povo brasileiro. Além disso, ambos não tiveram uma preocupação maior em fundamentá-las nos conhecimentos de suas respectivas épocas.

3 AS CONCEPÇÕES DE OCTÁVIO DOMINGUES

Octavio Domingues (Figura 2), natural do Acre, formou-se em agronomia e lecionou zootecnia, inicialmente na Escola de Agronomia do Pará (1919-1924) e posteriormente na Escola Agrícola Prática “Luiz de Queiroz” (ESALQ) em Piracicaba, Estado de São Paulo (1931-1936). Além dessas, exerceu outras funções².

Trabalhou principalmente com zootecnia, tendo publicado diversas obras sobre o assunto, tais como: *Introdução ao estudo do melhoramento dos animais domésticos* (1928); *Sobre o factor hereditariiedade no melhoramento dos gados* (1929); *Os métodos de reprodução no melhoramento do caracú* (1929); *A perfeição*

² Entre outras atividades, Domingues também lecionou na Faculdade de Pharmacia e Odontologia de Piracicaba, trabalhou no Instituto de Zootecnia do Rio de Janeiro, atuou como diretor do ensino agrícola do Ministério da Agricultura (Stefano, 2001, pp. 13-14).

zootécnica e outros ensaios (1936) (Stefano, 2001, p. 15). Além da zootecnia, Domingues também escreveu vários artigos e livros sobre eugenia: *A hereditariedade em face da educação* (1929); *Eugenia: seus propósitos, suas bases, seus meios* (1933; 1942); *Hereditariedade e eugenia* (1936) (Stefano, 2001, p. 17).

Ao contrário de Nina Rodrigues, Octavio Domingues se referiu explicitamente a Galton como tendo cunhado o termo eugenia. Domingues definiu a eugenia de diferentes formas nas diversas obras que publicou a respeito do assunto. Inicialmente, aceitava a definição de Galton. Numa obra subsequente, considerou-a como sendo a “higiene da espécie”. Em outra de suas obras, ele conceituou a eugenia como sendo a “ciência que se propõe a estabelecer princípios e regras para a formação de proles sadias de corpo, sadias de espírito” (Stefano, 2001, pp. 19-20).

Entretanto diferentemente de Galton, Domingues procurou fundamentar suas idéias eugênicas na genética mendeliana e na teoria mendelianacromossômica. Ele tinha conhecimento do trabalho de vários geneticistas que eram também eugenistas como William Ernest Castle (1867-1962) e Herbert Spencer Jennings (1868-1947), citando suas obras (Stefano, 2001, p. 43).

A mistura entre as raças foi uma questão bastante discutida principalmente nas décadas de 1920 e 1930, não apenas no âmbito científico (congressos, periódicos, etc.) mas também entre os políticos e outros segmentos da sociedade. Enquanto alguns consideravam que a mestiçagem favoreceria a formação do povo, em especial o brasileiro, outros pensavam que essa mistura traria como resultado a degeneração da raça. Tal era a posição de Herman Lundborg, em relação ao cruzamento de raças que considerava muito diversas, como a branca e a negra:

Baseado em resultados de criações de animais e cultura de vegetais, salientei, no meu livro “die Rassenmischung beim Menschen” – 1931, que a mistura racial constitui uma espada de dois gumes mesmo para a raça humana. (Lundborg, 1931, p. 1)

Além disso, os mestiços eram vistos por alguns como uma ameaça à raça “superior”, leia-se branca (Skidmore, 1989, p. 71). Porém, Domingues via a miscigenação de raças humanas como algo benéfico. Através dessa mistura seria possível formar uma descendência variada sobre a qual a seleção natural agiria (Domingues, 1936, p. 125). Quanto mais variados fossem os descendentes, maior seria a vantagem em termos evolutivos, pois a seleção natural teria uma maior opção. Ele justificou sua posição da seguinte maneira:

A união de indivíduos de raças humanas diferentes é pois, geneticamente, uma união não somente possível como sem embaraços. São todas elas constituídas por indivíduos com 24 pares de cromossômios, sejam os de raça branca, sejam os africanos, sejam os asiáticos, australianos ou ameríndios. A mistura entre as três raças, que se encontraram no povoamento do Brasil é, portanto, um cruzamento racial, entre indivíduos com cromossômios quantitativamente os mesmos e da mesma natureza. Tanto é assim que os mestiços, que se formam se mostram viáveis, vigorosos, com o desenvolvimento normal da espécie, e fecundos, gerando uma prole com a mesma vitalidade. (Domingues, 1942, pp. 272-273)

Domingues era contrário às uniões consangüíneas, mesmo em se tratando de raças diferentes, embora admitisse que nem sempre os degenerados³ fossem frutos de uniões consangüíneas. De qualquer modo, as uniões consangüíneas deveriam ser proibidas para a espécie humana, porque produziam com maior freqüência as “más heranças” (Stefano, 2001, p. 25). Domingues acreditava inclusive que o homem, de forma inconsciente, procurava praticar a eugenia, quando, por exemplo, escolhia sua companheira (Domingues, 1942, pp. 24-25).

Para isso ele se baseou nas evidências obtidas nos estudos de Edward M. East (1879-1938) e Donald F. Jones (1890-1963) (*Imbreeding and outbreeding*, 1919), de Castle e William J. Schull (1922-). Domingues concordava com Castle onde o endocruzamento propiciava a homozigose sendo que a maior parte das doenças era recessiva (Stefano, 2001, p. 48).

Para este eugenista, tanto o meio físico como o social poderia atuar como estimulantes, mas seria transmitido aos descendentes somente aquilo que fosse herdado através do plasma germinativo (Stefano, 2001, p. 37).

Ao contrário de Kehl, Domingues não aceitava a herança de caracteres adquiridos. Admitia a distinção feita por August Weismann (1834-1914) entre soma e plasma germinativo. Assim, só o que estivesse no interior do núcleo dos gametas seria transmitido aos descendentes (Stefano, 2001, p. 37).

Para Domingues, não havia uma raça humana pura, no sentido genético. Todas as raças seriam mescladas, em maior ou menor proporção (Domingues, 1942, p. 273). Desse modo, não havia uma raça superior mas

³ De acordo com Domingues, um degenerado seria o indivíduo “inadaptado à vida”. Sua característica essencial seria a inviabilidade dentro do ambiente em que nasceu (Domingues, 1935, p. 81). Ele utilizava este termo para se referir aos seres vivos, tanto aos animais em geral como ao homem, bem como aos vegetais (Stefano, 2001, p. 22).

dentro de determinada raça era possível encontrar indivíduos superiores, médios e inferiores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme mencionamos na introdução deste artigo, sempre levando em conta a distância cronológica que existe entre as contribuições de Nina Rodrigues e Domingues, pudemos detectar diferenças marcantes entre seus respectivos pensamentos. Essas dizem respeito tanto ao papel da mestiçagem na formação do povo brasileiro quanto à preocupação em oferecer uma fundamentação para suas posições.

Enquanto Nina Rodrigues considerava que a mistura das raças branca e negra contribuiria de maneira negativa para a formação do povo brasileiro, embora em suas últimas obras tenha amenizado a inferioridade da raça negra, Domingues admitia que a mestiçagem contribuiria de forma positiva, evitando o aparecimento de doenças que, em sua maior parte, eram recessivas.

Não pudemos detectar uma preocupação por parte de Nina Rodrigues em fundamentar suas idéias acerca da superioridade ou inferioridade entre raças ou acerca da miscigenação nos conhecimentos de sua própria época. Ele poderia por exemplo ter explorado as idéias de herança com mistura de Galton. Ele nem sequer mencionou algum trabalho de Galton. Suas idéias acerca da mestiçagem entre as raças branca e negra ser um fator negativo na formação do povo brasileiro estão muito próximas às advogadas posteriormente por Renato Kehl, coetâneo de Domingues. Quanto a Domingues, partindo das evidências encontradas em seus estudos de melhoramento animal (zootecnia) teve a preocupação de buscar uma fundamentação teórica nos conhecimentos da genética mendeliana da época e da teoria mendeliana-cromossômica para fundamentar sua posição favorável à mestiçagem, que ele considerava um fator positivo para a formação do povo brasileiro. Ele estava a par dos conhecimentos de sua época e os usou para corroborar sua posição. Esta atitude transparece em suas diferentes obras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as críticas e sugestões da professora Lilian Al-Chueyr Pereira Martins, que foram valiosas na realização desse trabalho. A autora agradece também o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ANÔNIMO]. Notas. *Boletim de Eugenia* **1**: 1-6, 1929.
- ALLEN, Garland E. *Thomas Hunt Morgan: the man and his science*. Princeton: Princeton University Press, 1978.
- BEIGUELMAN, Bernardo. A genética humana no Brasil. *Ciência e Cultura* **31** (10): 1198-1217, 1979.
- BULMER, Michael. Galton's law of ancestral heredity. *Heredity* **81**: 579-585, 1998.
- CASTAÑEDA, Luzia Aurélia. Apontamentos historiográficos sobre a fundamentação biológica da eugenia. *Episteme* **5**: 23-48, 1998.
- CORRÊA, Mariza. *As ilusões da liberdade: a escola Nina Rodrigues e a antropologia no Brasil*. Bragança Paulista: BP/EDUSP, 1998.
- DOMINGUES, Octavio. *A hereditariedade em face da educação*. São Paulo: Melhoramentos, 1935.
- . *Eugenia: seus propósitos, suas bases, seus meios. (Em cinco lições)*. [1933] São Paulo: Nacional, 1942.
- . *Hereditariedade e eugenia*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1936.
- FARRALL, Lindsey A. The history of eugenics: a bibliographical review. *Annals of Science* **36**: 111-123, 1979.
- GALTON, Francis. *Inquiries into human faculty and its development*. London: Macmillan, 1883.
- . The average contribution of each several ancestor to the total heritage of the offspring. *Proceedings of the Royal Society* **61**: 401-413, 1897.
- LUNDBORG, Herman. Cruzamento de raças. *Boletim de Eugenia* **3**: 1, 1931.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. William Bateson: da evolução à genética. *Episteme* **8** (jan.-junho): 67-88, 1999.
- . La controversia mendeliano-biometricista: um estudio de caso. Pp. 501-508, in: FAAS, Horacio; SAAL, Aaron; VELASCO, Marisa (eds.). *Epistemología e historia de la ciencia. Selección de trabajos de las XV Jornadas*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2005.
- PEIXOTO, Aristeu Mendes. *História da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 3 ed. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.
- RODRIGUES, Raimundo Nina. Os mestiços brasileiros. *Gazeta Médica da Bahia* **21** (9): 401-407, 1890.
- . Os mestiços brasileiros. *Gazeta Médica da Bahia* **21** (11): 497-503, 1890.

- . Estudos de craniometria. *Gazeta Médica da Bahia* **23** (9): 385-388, 1892.
- . Estudos de craniometria. *Gazeta Médica da Bahia* **23** (10): 433-437, 1892.
- . Estudos de craniometria. *Gazeta Médica da Bahia* **23** (11): 479-487, 1892.
- . Estudos de craniometria. *Gazeta Médica da Bahia* **23** (12): 527-531, 1892.
- . *As raças humanas e a responsabilidade penal no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1933.⁴
- . *Os africanos no Brasil*. 2. ed. Revisão e Prefácio de Homero Pires. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1935 (série V, Brasileira, vol. IX).⁵
- SKIDMORE, Thomas E. *Preto no branco: raça e nacionalidade no pensamento brasileiro*. 2. ed. Trad. Raul de Sá Barbosa. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1989 (Coleção Estudos Brasileiros, vol. 9).
- STEFANO, Waldir. *Octavio Domingues e a eugenia no Brasil: uma perspectiva 'mendeliana'*. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado em história da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- . Relações entre eugenia e genética mendeliana no Brasil: Octavio Domingues. Pp. 486-495, *in*: Martins, R. A.; Martins, L. A. C. P.; Silva, C. C.; Ferreira, J. M. H. (eds.) *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro*. Campinas: AFHIC, 2004.
- STEPAN, Nancy. Eugenesia, genética y salud pública: el movimiento eugenésico brasileiro y mundial. *Quiipu* **2** (3): 351-384, 1985.

⁴ A primeira edição data de 1894; 3ª edição de 1938; 4ª edição, 1957.

⁵ A primeira edição data de 1932; 3ª edição de 1976; 4ª edição em 1982; 5ª edição em 1988.

A relação entre Filosofia e Biologia na Alemanha do século XIX: a interpretação nietzschiana da seleção natural de Darwin a partir das teorias neolamarckistas alemãs

Wilson Antonio Frezzatti Jr*

1 INTRODUÇÃO

Não sabemos com certeza se o filósofo alemão Friedrich Wilhelm Nietzsche (1844-1900) leu os textos capitais de Charles Darwin (1809-1882): *A origem das espécies* (1859) e *A descendência do homem* (1871). No entanto, em suas obras, encontram-se dispersas críticas aos principais conceitos estabelecidos pelo biólogo inglês: a luta pela existência, a seleção natural, a seleção sexual e o desenvolvimento da moral a partir dos instintos de compaixão e altruísmo (*sympathy*). Sabemos que em sua biblioteca havia volumes de *A variação das plantas e dos animais domesticados* (1868) de Darwin (cf. Stiegler, 1998, p. 377), *História do materialismo* (*Geschichte des Materialismus* – 1866) de Friedrich Albert Lange¹ (1828-1875), *Teoria da descendência e darwinismo* (*Descendenzlehre und Darwinismus* – 1873) de Eduard Oscar Schmidt (1823-1886) e *Origem e conceito da história natural* (*Entstehung und Begriff der Naturhistorischen Art* – 1865) de Carl Naegeli (1866-1873), obras com discussões sobre a teoria da evolução (cf. Andler, 1954, vol. 1, pp. 464-465).

Há fortes evidências de que o filósofo alemão construiu seu conhecimento sobre o evolucionismo darwiniano por meio de leituras científicas

* Colegiado de Filosofia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Rua da Faculdade, 645, CEP: 85.903-000, Toledo, PR. E-mail: wfrezzatti@uol.com.br

¹ Nietzsche conhecia muito bem esse texto e, segundo Stiegler, foi ele que o teria estimulado a fazer as leituras científicas para investigar sobre a vida e sobre a subjetividade (Stiegler, 2001, p. 8).

indiretas, especialmente dos livros dos denominados neo-lamarckistas Karl Ludwig Rüttimeyer (1825-1895), Wilhelm Roux (1850-1924) e William Henry Rolph (1847-1883) e do físico Johann Karl Friedrich Zoellner (1834-1882). Nietzsche encontrou, nesses autores, noções que se opunham às idéias de Darwin e, em alguns casos, modificações das mesmas. Seu interesse não era restrito à evolução orgânica, pois estava especialmente interessado nas concepções desses autores acerca da origem e desenvolvimento da moral e da consciência. Algumas das noções encontradas em suas pesquisas foram transpostas para seu pensamento filosófico e fizeram parte da construção de conceitos nietzschianos fundamentais, como, por exemplo, vontade de potência (*Wille zur Macht*).

Johann Karl Friedrich Zoellner, em *A natureza dos cometas* (1871), criticava os físicos por não mais refletirem acerca dos primeiros princípios do conhecimento: eles teriam sucumbido aos conhecimentos específicos e explicavam apenas o como e não o porquê dos fenômenos. Nesse mesmo livro, sob a influência de Arthur Schopenhauer (1788-1860), Zoellner propunha que a sensibilidade não estava restrita apenas aos seres orgânicos, mas estaria presente em todos os seres. Haveria um instinto básico em toda a matéria: redução da dor ao mínimo possível. A seleção natural produziria, gradualmente, estruturas e órgãos para reduzir a dor e propiciar o prazer.

Carl Ludwig Rüttimeyer, em 1876, era colega de Nietzsche na Universidade da Basileia. Este biólogo aceitava os métodos de Darwin, mas rejeitava suas conclusões. Toda matéria poderia ser reduzida a movimentos moleculares e a luta ocorreria entre todos os seres, orgânicos e inorgânicos. Um tipo de molécula que atingisse o grau orgânico de existência nunca retornaria a um grau inferior: o homem, ao morrer, não retorna ao pó, mas aos vermes. A vida seria uma tendência irresistível de atingir graus mais elevados de organização. Para cada habitat, haveria uma estrutura perfeita, pois o meio, em conflito com o ser vivo, estimula a energia vital do mesmo, produzindo estruturas para a adaptação. A transição da água para a terra não teria se dado conforme o gradualismo darwiniano, mas por meio de inúmeras alterações concomitantes.

Wilhelm Roux, em *Luta seletiva das partes do organismo* (1881), considera que a formação do organismo é produto da luta entre suas partes constituintes: moléculas, células, tecidos e órgãos. As moléculas lutam pelo espaço intracelular: a composição do protoplasma definirá o tipo de célula. As células lutam entre si por nutrição e espaço: o tipo de célula que prevalecer definirá as características do tecido, e assim por diante para os órgãos e o

organismo como um todo. A luta entre as partes de Roux é um processo mecânico que assegura uma constituição aleatória das estruturas. Há autonomia entre as partes: elas vivem apenas para sua própria conservação e não têm como finalidade a conservação do todo. Nesse processo, destaca-se a adaptação funcional baseada na noção de uso e desuso de Lamarck. Um estímulo externo, ao agir como fator de diferenciação de uma parte em luta com as outras, produz uma nova estrutura. O funcionamento dessa estrutura está em dependência direta do estímulo: se o estímulo permanece, a estrutura se mantém; se o estímulo cessa, a estrutura se atrofia.

W. H. Rolph, em *Problema biológico* (1881), apresenta idéias anti-darwinistas, anti-malthusianas e anti-finalistas. Para o biólogo, a origem das espécies não se dá em meio à escassez, mas em meio à abundância: é a opulência da alimentação que produz as numerosas variações dos seres vivos e não sua falta. O processo físico-químico da osmose faz com que as células absorvam mais substâncias do que necessitam. A insaciabilidade faz com que a vida seja uma tendência de aumentar em tamanho, fortalecer seus órgãos e esbanjar energia. A mais ínfima célula ataca sua vizinha, assenhoreia-se dela, assimila-a, e, ao atingir seu tamanho máximo, divide-se para que a voracidade continue. Não há permanência e duração sem a geração de descendentes: se esta não ocorrer, há decadência.

2 OS ARGUMENTOS NIETZSCHIANOS CONTRA A SELEÇÃO NATURAL

A definição de seleção natural apresentada por Darwin em *A origem das espécies* (1859) é a seguinte: “Eu chamo de Seleção Natural a preservação de variações favoráveis e a rejeição de variações desfavoráveis” (Darwin, 1985, p. 131). Três elementos compõem essa definição: o processo (preservação/rejeição), o que sofre o processo (as variações dos seres vivos) e o caráter daquilo que sofre o processo (favorável/desfavorável). Os argumentos de Nietzsche contra a seleção natural tocam nesses três elementos.

As variações, segundo Darwin, são as pequenas diferenças que aparecem nos indivíduos de uma mesma espécie. Essas diferenças são acumuladas pela seleção natural: o acúmulo de inúmeras e pequenas modificações provoca grandes modificações e, conseqüentemente, a diferenciação das espécies. A seleção natural não preserva qualquer variação, mas apenas aquelas que são favoráveis ou úteis ao organismo na luta pela existência: aquelas que são desfavoráveis ou nocivas não são preservadas. Toda modificação selecionada na natureza deve estar relacionada a alguma vantagem

na luta pelos recursos vitais, por menor que seja e mesmo que seja aplicada em um único momento do ciclo vital do organismo.

Ao que Nietzsche entendeu, através de suas leituras indiretas, do conceito darwiniano de transformação de uma espécie por meio de inúmeras e lentas variações, ele contrapõe o problema da transmissão das características, o mesmo levantado por muitos críticos de Darwin. O filósofo alemão desdenha da transmissão de uma característica vantajosa e de sua expressão cada vez mais marcante nas gerações seguintes: “a hereditariedade é algo tão caprichoso...” e, além disso, “tudo converge para perpetuar o tipo” (fragmento póstumo 14 [133] da primavera de 1888: Nietzsche, 1999, vol. 13, pp. 315-317). Uma característica diferente não prevalece, pois os indivíduos mais diversos unem-se e os tipos extremos são diluídos na multidão, ou seja, um tipo já estabelecido tende a se manter. As pequenas variações seriam, portanto, naturalmente eliminadas.

A seleção natural, segundo Darwin, não preserva qualquer variação, mas apenas aquelas que são favoráveis ou úteis ao organismo: aquelas que são desfavoráveis ou nocivas não são preservadas, isto é, são rejeitadas. Em outras palavras, uma característica que permite a um indivíduo sobreviver na luta pela vida será transmitida a seus descendentes: eis a seleção natural – ao sobreviver, um organismo pode se reproduzir e transmitir suas características aos descendentes, que, por sua vez, terão maior probabilidade de saírem vivos na competição pela existência. Portanto, é nesse sentido que devemos entender “preservação”, “rejeição” e características “boas”, “úteis”, “más” ou “nocivas”.

Não há, segundo Nietzsche, seleção das características vantajosas para a conservação do indivíduo: o acaso, na luta pela vida, auxilia tanto os fortes como os fracos, pois a astúcia substitui freqüentemente com vantagem a força e, além disso, a fecundidade aumenta com a probabilidade de destruição. Assim, não haveria uma maior transmissão para a geração posterior das características “vantajosas” mas sim daquelas características mais freqüentes, o que novamente concorre para a manutenção de um tipo já estabelecido (cf. fragmentos póstumos 14 [123] e 14 [133] da primavera de 1888: Nietzsche, 1999, vol. 13, pp. 303-305 e 315-317). É importante salientarmos que, para o filósofo alemão, a palavra “forte” tem outro sentido do que “portador de uma característica vantajosa na luta pela existência”: forte é aquele que consegue superar as dificuldades, aquele que não recorre ao rebanho para se conservar. Em conseqüência, o forte, para Nietzsche, não é necessariamente o sobrevivente, pois ele tem uma alta probabilidade

de sucumbir à multidão indiferenciada. Dessa forma, o forte nietzschiano não gerará uma descendência com as mesmas características que a sua.

A vantagem na disputa por recursos é entendida por Nietzsche como a utilidade da característica para a vida: “‘Útil’, no sentido da biologia darwiniana, revela-se vantagem na luta com os outros” (fragmento póstumo 7 [44] do final de 1886/primavera de 1887: Nietzsche, 1999, vol. 12, p. 309). A partir disso, Nietzsche critica a noção de utilidade que acredita estar presente na teoria darwiniana. Uma característica que leva um longo tempo para se formar, argumenta o filósofo, não asseguraria o sucesso de um indivíduo contra as circunstâncias e os inimigos exteriores (cf. fragmento póstumo 7 [25] do final de 1886/primavera de 1887 *in* Nietzsche, 1999, vol. 12, p. 304). Uma nova estrutura, no combate com outras, não poderia permanecer inicialmente sem utilidade e, a partir de seu uso, tornar-se cada vez mais perfeita²: da perspectiva da utilidade, só deveria se manter aquilo que fosse duradouramente útil. Nietzsche não aceita, nesta argumentação, o gradualismo darwiniano; não aceita que, devido à luta pela sobrevivência ser acirrada, uma pequena variação provoque um desequilíbrio considerável em favor de seu portador. O aparecimento de um órgão não é explicado por sua utilidade. Mas o aspecto mais importante dessa crítica é outro: a finalidade. Darwin, para o filósofo alemão, introduz uma teleologia ao indicar a utilidade futura de uma estrutura na luta pela existência³. Por isso, aponta o erro na conclusão darwiniana: se as novas características existissem para alcançar um objetivo, como acredita que Darwin pensa, seriam mantidas aquelas que sempre fossem úteis.

O que é, afinal, ‘útil’? Deve-se perguntar ‘útil *ao quê*? Por exemplo, o que é útil à *conservação* do indivíduo poderia ser desfavorável à sua força e esplendor; o que assegura a manutenção do indivíduo poderia, ao mesmo tempo,

² Essa dificuldade é levada em consideração por Darwin ao discutir o desenvolvimento do olho e outros órgãos (cf. Darwin, 1985, pp. 217-224). Sempre baseando-se no gradualismo (*Natura non facit saltum*), afirma que o fato de não conhecermos as formas de transição não significa que elas não existam. Além disso, alterações na função de uma estrutura durante o seu desenvolvimento são possíveis: o mesmo órgão pode ter realizado várias funções e, depois, ter se especializado em apenas uma (cf. Darwin, 1985, p. 232).

³ Na teoria darwiniana, a ocorrência das variações segue leis naturais que não estão vinculadas a nenhuma finalidade. Ao discorrer sobre a variação nas espécies domesticadas, Darwin afirma não acreditar que “a variabilidade seja uma contingência necessária e inerente, sob todas as circunstâncias, com todos os seres orgânicos, como alguns autores pensam” (Darwin, 1985, pp. 99-100).

imobilizá-lo e congelá-lo em seu desenvolvimento. Além disso, um *defeito*, uma *degenerescência* pode ser de uma utilidade extrema, porquanto ela funciona como *estímulo* de outros órgãos (fragmento póstumo 7 [25] do final de 1886/primavera de 1887: Nietzsche, 1999, vol. 12, p. 304).

O pensamento nietzschiano considera a vida como algo que sempre deve superar a si mesmo, que não busca a utilidade de uma estrutura para a persistência na existência. Nietzsche considera que a teoria darwiniana entende a vida como um processo essencialmente de conservação, e não de superação. Esse é o motivo principal das críticas que o filósofo tece contra o biólogo (cf. Frezzatti, 2001, pp. 93-133). As novas estruturas se desenvolvem através de uma busca por “mais”, isto é, por intensificação dos impulsos vitais: este é o motivo da luta e não a conservação na existência (cf. 7 [44] do final de 1886/primavera de 1887: Nietzsche, 1999, vol. 12, p. 309).

Embora o biólogo inglês afirme que ação direta das condições externas na modificação dos seres vivos seja pequena, Nietzsche entende que ela é essencial ao pensamento darwiniano. Darwin enumera várias causas prováveis da variação: uso e desuso de certas estruturas, intercruzamento de espécies, a ação direta das condições de vida sobre o sistema reprodutor, correlação de crescimento⁴, etc.; no entanto, conclui que o processo é muito complexo e multi-causado (cf. Darwin, 1985, pp. 71-113, 173-204; Darwin, [s.d.], p. 910)⁵. A ação direta do ambiente (condições externas e alimentação) é considerada ser muito pequena na produção de modificações⁶. O naturalista inglês acredita que as variações são muito mais relacionadas à constituição do organismo que varia do que à natureza das condições às quais ele está submetido (cf. Darwin, [s.d.], pp. 442, 910). Mesmo assim, o filósofo alemão preocupa-se em argumentar contra a influência das condições externas. O meio ambiente, segundo Nietzsche, não tem influência sobre as características particulares favoráveis (cf. fragmento póstumo 14 [133] da primavera de 1888 *in* Nietzsche, 1999, vol. 13, pp. 315-317). A prova disso seria que os seres que apresentam características externas que

⁴ Na correlação de crescimento, a alteração de uma parte provoca mudanças em outras partes relacionadas.

⁵ Todas as indicações “Darwin, s.d.” referem-se ao texto *A descendência do homem*.

⁶ A ação das condições externas, para Darwin, é mais evidente sobre o sistema reprodutor, o que seria uma ação indireta de modificação (cf. Darwin, 1985, pp. 175, 327-328, 344, 347-348).

os protegem de certos perigos não as perdem quando mudam de ambiente e também não passam a se assemelhar ao novo meio⁷. Nietzsche assevera:

A influência das ‘circunstâncias exteriores’ é *superestimada* até o absurdo por Darwin; o essencial do processo vital é justamente essa monstruosa potência formadora que, a partir do interior, é criadora de forma, e que *utiliza, explora* as ‘circunstâncias exteriores’... (fragmento póstumo 7 [25] do final de 1886/primavera de 1887 *in* Nietzsche, 1999, vol. 12, p. 304).

O que o filósofo está propondo é que as transformações dos seres vivos não ocorrem por meio da seleção natural, mas através de impulsos internos criadores. Esses impulsos, em luta uns com os outros por dominação, buscam sempre se intensificar e se superar. Nietzsche está sustentando a proeminência do interior (ou seja, dos impulsos que compõem o organismo e que estão em luta entre si por mais potência) sobre o meio ambiente. Assim, a passagem de animais do ambiente aquático para a terra só poderia ser produzida pela formação simultânea de inúmeras propriedades funcionais através da adaptação funcional de Roux (que envolve a auto-estruturação pelos impulsos internos) e não poderia ocorrer pela seleção natural, pois ela só poderia formar propriedades sucessivas, mas não simultâneas (cf. fragmento póstumo 7 [89] da primavera/verão de 1883 *in* Nietzsche, 1999, vol. 10, p. 273 ; Müller-Lauter, 1998, p. 133).

Outras questões biológicas foram utilizadas por Nietzsche para atacar a seleção natural de Darwin. O fragmento póstumo 14 [133] da primavera de 1888, intitulado “Anti-Darwin”, relaciona vários problemas apontados pelos biólogos que atacaram *A origem das espécies* além do gradualismo, da hereditariedade e do exagero no efeito das condições externas, já indicadas acima, temos a ausência de formas de transição, a falta de seqüência nos fósseis, a esterilidade dos híbridos e o problema da transformação de uma espécie em outra⁸. Lembremos que essas dificuldades só foram definitivamente transpostas no início do século XX. Por exemplo, o filósofo alemão aponta a dificuldade de, em se observando a flora e a fauna do período Terciário, considerar os seres primitivos como ancestrais dos atuais. O

⁷ Nessa argumentação, Nietzsche desconsidera um fator que é fundamental para Darwin: o tempo.

⁸ Darwin, desde o início, esteve atento a essas dificuldades de sua teoria. Em *A origem das espécies*, escreveu capítulos dedicados a elas: VI – Dificuldades da teoria (como um ser ou órgão simples se torna complexo), VIII – Híbridismo, IX – Sobre a imperfeição do registro geológico e X – Sobre a sucessão geológica dos seres orgânicos.

desenvolvimento crescente dos seres, para ele, é afirmado sem qualquer justificação, pois todo tipo teria seus limites, além dos quais não seria possível mais transformações⁹. Os animais e os vegetais não se desenvolvem de um estado inferior para outro superior, mas “um após o outro, em desordem, e um contra o outro” (fragmento póstumo 14 [133] da primavera de 1888 *in* Nietzsche, 1999, vol. 13, pp. 315-317).

3 CONCLUSÃO

Não nos interessa aqui o acerto ou não das críticas que Nietzsche lança contra Darwin: importa-nos entender por que o filósofo precisa rejeitar os conceitos darwinianos. Acreditamos que o motivo central seja a concepção nietzschiana de vida. O pensamento nietzschiano considera a vida como algo que sempre deve superar a si mesmo, que não busca a utilidade de uma estrutura para a persistência na existência. Os organismos se desenvolvem através de uma busca por “mais”, isto é, por intensificação da potência dos impulsos: este é o motivo da luta e não a sobrevivência. Para Nietzsche, Darwin é o porta-voz da conservação, isto é, da estagnação vital. A vida e o mundo nada mais são, segundo o filósofo alemão, do que vontade de potência, ou seja, tendência inabalável e inesgotável de crescimento de potência.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDLER, Charles. *Nietzsche: sa vie et sa pensée*. Paris: Gallimard, 1954. 3 vols.
- DARWIN, Charles Robert. *The origin of species*. 17. ed. London: Penguin, 1985.¹⁰
- . *The origin of species*¹¹ and *The descent of man and selection in relation to sex*. New York: The Modern Library, [s. d].
- FREZZATTI Jr., Wilson Antonio. *Nietzsche contra Darwin*. São Paulo; Ijuí: Discurso; UNIJUÍ, 2001.
- MÜLLER-LAUTER, Wolfgang. L'organisme comme lutte intérieure: l'influence de Wilhelm Roux sur Friedrich Nietzsche. Pp. 111-181, *in*:

⁹ Esse argumento utiliza o mesmo pressuposto de Johannes Muller (1801-1858) e Richard Owen (1804-1892).

¹⁰ Conforme a primeira edição, de 1859.

¹¹ *The origin of species* conforme a sexta edição, de 1872.

- MÜLLER-LAUTER, Wolfgang. *Nietzsche: physiologie de la volonté de puissance* Paris: Allia, 1998.
- NIETZSCHE, Friedrich Wilhelm. *Sämtliche Werke Kritische Studienausgabe* Editado por G. Colli & M. Montinari .Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1999. 15 vols.
- STIEGLER, Barbara. Nietzsche lecteur de Darwin. *Revue philosophique* **3**: 377-395, 1998.
- . *Nietzsche et la biologie* Paris: Presses Universitaires de France, 2001.

A preparação dos originais deste livro e sua editoração eletrônica foram realizadas com apoio da Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB).

<http://www.abfhib.org>

